



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR- BOYACÁ.

Juan Camilo Buitrago
Andrés Felipe Vega Dueñas

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
24 de octubre del 2018

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS
EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR- BOYACÁ.**

**Juan Camilo Buitrago Martin
Andres Felipe Vega Dueñas**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Director: Mario Opazo

Línea de Investigación: Gestión Ambiental
Hábitos y estilos de vida sustentable

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018

Acta de sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Dedicatoria

Quiero dedicar el trabajo de grado a papá Dios y la Virgen por las bendiciones recibidas durante este camino llamado Universidad. En segundo lugar, a mis padres y a mi abuelita Rosita por su apoyo y esfuerzo permanente para educarme, a Pipe y a Maria por brindarme su alegría y ver en ellos el motor para seguir progresando.

A mis tíos Nayibe, Mireya y Mauro agradecerles por su tiempo, consejos y cariño para formar el primer Ingeniero Ambiental de la familia.

Para finalizar a mis hermanos Mario, Daniel, Maria y Jaime agradecerles por engrandecer el valor de la unidad, la dedicación y la amistad.

Juan Camilo Buitrago Martin

Este trabajo de grado es dedicado a nuestros padres, los cuales fueron los que nos apoyaron incondicionalmente en el desarrollo de las actividades para la generación del documento, Este es un logro que es dedicado en mayor proporción a ellos, también, ha nuestro director Mario Opazo por su compromiso y dedicación a nuestro proyecto.

Andres Felipe Vega Dueñas

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Agradecimientos

Agradecemos a la empresa minera Mineros Quebrada Azul Ltda por el excelente servicio para la generación de los datos necesarios para la generación de los resultados de nuestro proyecto de investigación.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Tabla de Contenido

| | |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Introducción | 14 |
| 2. Planteamiento del problema | 15 |
| 3. Pregunta de investigación | 17 |
| 4. Justificación | 17 |
| 5. Objetivos | 18 |
| 5.1 <i>Objetivo General:</i> | 18 |
| 5.2 <i>Objetivos Específicos:</i> | 18 |
| 6. Marco de referencia | 18 |
| 6.1 Antecedentes | 18 |
| 6.2 Estado del arte | 19 |
| 6.3 Marco teórico | 23 |
| 6.4 Marco conceptual | 28 |
| 6.4.1 <i>Residuos Sólidos</i> | 28 |
| 6.4.2 <i>Aprovechamiento</i> | 30 |
| 6.4.3 <i>Minería De Esmeraldas</i> | 30 |
| 6.5 Marco legal | 31 |
| 6.6 Descripción del territorio | 34 |
| 6.6.1 <i>Características Generales.</i> | 34 |
| 6.6.2 <i>Viviendas urbanas y rurales</i> | 35 |
| 6.6.3 <i>Economía</i> | 35 |
| 6.6.3.1 <i>Producción agrícola</i> | 35 |
| 6.6.3.2 <i>Producción pecuaria y especies menores</i> | 36 |
| 6.6.3.3 <i>Producción minera</i> | 36 |
| 6.6.4 <i>Medio Biótico</i> | 36 |
| 6.6.4.1 <i>Zonas de vida</i> | 36 3637 |
| 6.6.4.2 <i>Tipos de vegetación</i> | 37 |
| 6.6.4.3 <i>Fauna</i> | 37 |
| 6.6.5 <i>Ubicación empresa mineros quebrada azul ltda</i> | 37 |
| 6.6.6 <i>Razón social</i> | 38 |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 6.6.7 | Organigrama..... | 39 |
| 7. | Marco metodológico..... | 39 |
| 7.1 | Diseño metodológico..... | 40 |
| 7.2 | Plan de Trabajo..... | 50 |
| 8. | Resultados, análisis y discusión..... | 55 |
| 8.1 | Determinar la oferta de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul. | 55 |
| 8.1.1 | Ganadería bovina..... | 62 |
| 8.1.2 | Ganadería porcina..... | 66 |
| 8.1.3 | Avícola..... | 69 |
| 8.1.4 | Caña de azúcar..... | 7172 |
| 8.1.5 | Componente humano..... | 7273 |
| 8.2 | Determinar el sistema de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul..... | 7475 |
| 8.2.1 | Ambiental..... | 7576 |
| 8.2.1.1 | Tiempo de retención:..... | 7576 |
| 8.2.1.2 | Temperatura:..... | 76 |
| 8.2.2 | Social..... | 7778 |
| 8.2.2.1 | Tecnológico..... | 7778 |
| 8.2.2.2 | Cantidad de residuos sólidos..... | 8283 |
| 8.2.3 | Económico..... | 8384 |
| 8.2.3.1 | Implementación..... | 8384 |
| 8.2.3.2 | Empleo..... | 8788 |
| 8.2.3.3 | Asistencia técnica..... | 9091 |
| 8.3 | Diseñar un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda..... | 9293 |
| 8.3.1 | Materiales necesarios..... | 9293 |
| 8.3.2 | Tamaño del Biodigestor..... | 9495 |
| 8.3.2.1 | Temperatura..... | 9495 |
| 8.3.3 | Cantidad de residuos solidos organicos..... | 9596 |
| 8.3.4 | Ubicación y dimensiones de la fosa..... | 9697 |
| 8.3.5 | Construcción de las cajas..... | 9798 |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | |
|------------|--------------------------------------------------|------------------------|
| 8.3.5.1 | <i>Caja de entrada o de carga</i> | 9899 |
| 8.3.5.2 | <i>Caja de salida</i> | 9899 |
| 8.3.6 | <i>Instalación del Biodigestor</i> | 9899 |
| 8.3.6.1 | <i>Tamaño del plástico</i> | 9899 |
| 8.3.6.2 | <i>Preparación de la bolsa</i> | 100101 |
| 8.3.6.3 | <i>Instalación de la salida del biogás</i> | 101102 |
| 8.3.7 | <i>Instalación del biodigestor</i> | 103104 |
| 8.3.8 | <i>Instalación válvula de seguridad</i> | 105106 |
| 8.3.9 | <i>Bolsa reservorio</i> | 105106 |
| 8.3.10 | <i>Conducción del biogás</i> | 106107 |
| 9. | Conclusiones | 107108 |
| 10. | Recomendaciones | 109110 |
| 11. | Bibliografía | 110111 |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Lista de tablas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| TABLA 1. MARCO NORMATIVO..... | 3125 |
| TABLA 2. DISTRIBUCIÓN ACCIONARIA DE LA SOCIEDAD..... | 3832 |
| TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL OBJETIVO 1..... | 4236 |
| TABLA 4. DESCRIPCIÓN DE SUBSECTORES..... | 4337 |
| TABLA 5. DESCRIPCIÓN VARIABLE DEL OBJETIVO..... | 4438 |
| TABLA 6. TABLA DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 4539 |
| TABLA 7. TABLA DE CALIFICACIÓN DE ASPECTOS..... | 4640 |
| TABLA 8. DESCRIPCIÓN VARIABLE DEL OBJETIVO..... | 4741 |
| TABLA 9. VALOR CORRESPONDIENTE A LOS ASPECTOS..... | 5043 |
| TABLA 10. DESCRIPCIÓN MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN..... | 5044 |
| TABLA 11. TABLA RESUMEN DE OBJETIVOS..... | 5247 |
| TABLA 12. CANTIDAD DE INDIVIDUOS ENCONTRADOS EN CADA SUBSECTOR DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS..... | 5651 |
| TABLA 13: CARACTERIZACIÓN DE GANADO BOVINO EXISTENTE EN MQA..... | 6358 |
| TABLA 14. CONCENTRACIÓN MEDIA DE ALGUNOS PARÁMETROS DE EXCRETAS DE BOVINO | 6560 |
| TABLA 15. CARACTERIZACIÓN DE PORCINOS EXISTENTES EN MQA..... | 6761 |
| TABLA 16. CONCENTRACIÓN MEDIA E ALGUNOS PARÁMETROS DE LOS PURINES DE CERDO | 6763 |
| TABLA 17. CARACTERIZACIÓN DEL SUBSECTOR AVÍCOLA PRESENTE EN EL CAMPAMENTO MINERO DE MQA..... | 6964 |
| TABLA 18. RESUMEN DE LA CANTIDAD TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MQA..... | 7469 |
| TABLA 19. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS..... | 7469 |
| TABLA 20. ANÁLISIS MATRIZ COMPARATIVA DE PROYECTOS..... | 7469 |
| TABLA 21. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES DE LAS CAJAS DE ENTRADA Y SAIDA DEL BIODIGESTOR..... | 9387 |
| TABLA 22. MATERIALES DE SALIDA DE GAS Y VÁLVULA DE SEGURIDAD..... | 9488 |
| TABLA 23. TIEMPO DE RETENCIÓN NECESARIO EN BIODIGESTORES..... | 9589 |
| TABLA 24. RESULTADOS CONDICIONES DE ALIMENTACIÓN DEL BIODIGESTOR..... | 9590 |
| TABLA 25. DIMENSIONES DE LA FOSA DEL BIODIGESTOR PARA DIFERENTES DIÁMETROS DE PLÁSTICO TUBULAR..... | 9791 |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Lista de Figuras

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| figura 1. Radiografía textual de la problemática. fuente: (elaboración propia, 2018) | 1512 |
| figura 2. Estructura del marco teórico. fuente: (elaboración propia, 2018) | 2320 |
| figura 3. Actividades generadoras de residuos sólidos en la región de américa latina y el caribe. fuente: (jaramillo, 2002) | 2925 |
| figura 4. Tipo de vegetación que se encuentra en el municipio de chivor, boyacá. fuente: (hernández, 1996) | 3733 |
| figura 5. Ubicación geográfica del área de la empresa. fuente: (galvis, c. 2010) | 3834 |
| figura 6. Organigrama de la empresa. fuente: (galvis, 2010)..... | 3935 |
| figura 7. Radiografía del diseño metodológico. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 4036 |
| figura 8. Fase de aprestamiento. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 5147 |
| figura 9. Fase de levantamiento de la información. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 5148 |
| figura 10. Fase de culminación. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 5249 |
| figura 11. Diagrama resultados, análisis y discusión. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 5552 |
| figura 12. Cantidad de animales por subsector de producción. fuente: (elaboración propia, 2018) | 5754 |
| figura 13. Participación de las carnes de res, aves y cerdo en el mercado colombiano de cárnicos, respecto al valor real dl consumo a precios de 1975, 1950-1998. fuente: (galvis, 2000) | 5855 |
| figura 14. Principales departamentos productores de panela en colombia. fuente: (murcia-pardo & ramírez- durán, 2017)..... | 6057 |
| figura 15. Porcentaje de unidades de explotación minera discriminado por escalas de producción. fuente: (güiza, 2013). | 6158 |
| figura 16. Ganado bovino en el campamento minero de mqa. fuente: (elaboración propia, 2018) | 6360 |
| figura 17. Porcinos existentes en el campamento minero de mqa. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 6663 |
| figura 18. Aves presentes en el campamento minero de mqa. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 6966 |
| figura 19. Estimaciones sobre los contenidos de nutrientes de la gallinaza y las camas procedentes de gallinas y pollos (kg/ton de heces excretada). fuente: (williams,2013)..... | 7067 |
| figura 20. Características de los residuos generados por el sector avícola. fuente: (montenegro, rojas, cabeza & hernandez, 2016) | 7168 |
| figura 21. Ejemplares de caña de azúcar existentes en el campamento minero mqa. (fuente: elaboración propia, 2018)..... | 7168 |
| figura 22. Características de los residuos generados por el cultivo de caña de azúcar. fuente: (montenegro, rojas, cabeza & hernández, 2016) | 7269 |
| figura 23. Composición química de las heces fecales humanas. fuente: (gotaas, 1956)..... | 7370 |
| figura 24. Tiempo de retención según la temperatura. fuente: (olaya, 2006) | 7572 |
| figura 25. Radiación solar anual colombiana. fuente: (ideam, 2018) | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.73 |
| figura 26. Duración descomposición de residuos. fuente: (salamanca, 2009)..... | 7674 |
| figura 27. Descomposición de sustancias en función de la temperatura. fuente: (salamanca, 2009)..... | 7774 |
| figura 28. Características biodigestor taiwan. fuente: (rodriguez, 2014)..... | 7876 |
| figura 29. Características biodigestor taiwan. fuente: (rodriguez, 2014)..... | 7977 |
| figura 30. Características biodigestor cúpula fija. fuente: (rodriguez,2014)..... | 8078 |
| figura 31. Características biodigestor hindú. fuente: (rodriguez, 2014) | 8179 |
| figura 32. Relación c/n en sustancias. fuente: (guevara,1996) | 8380 |
| figura 33. Asociación tipo de costo/concepto. fuente: (arboleda, 2009)..... | 8481 |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| figura 34. Costos implementación biodigestor taiwán. fuente: (rodriguez, 2014)..... | 8582 |
| figura 35. Costos implementación biodigestor cúpula fija. fuente: (salazar,2007)..... | 8683 |
| figura 36. Costos implementación biodigestor cúpula fija. fuente: (salazar, 2007)..... | 8783 |
| figura 37. Biodigestor taiwan. fuente: (shemi,2015) | 8885 |
| figura 38. Biodigestor cúpula fija. fuente: (rodriguez, 2014) | 8986 |
| figura 39. Biodigestor hindú. fuente: (lópez,2014)..... | 9087 |
| figura 40. Esquema de una planta de balón plástico. fuente: (soria et al.2001; aguilar & botero 2006; olaya,2006) | 9187 |
| figura 41. Esquema de una planta de cúpula fija. fuente: (robles-gil 2001; olaya, 2006)..... | 9188 |
| figura 42. Esquema de una planta de campana flotante tipo hindú. fuente: (robles-gil 2001; olaya, 2006) . | 9288 |
| figura 43. Especificaciones de medidas del biodigestor complete. fuente: (elaboración propia, 2018) | 9794 |
| figura 44. Especificaciones de medidas de las cajas de entrada y salida. fuente: (elaboración propia, 2018) | 9995 |
| figura 45. Especificaciones de medidas de las cajas de entrada y salida, vista superior. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 10096 |
| figura 46. Componentes materiales salida del biogas. fuente: (elaboración propia, 2018)..... | 10197 |
| figura 47. Preparación bolsa para la instalación. fuente: (elaboración propia, 2018) | 10398 |
| figura 48. Amarre de los plásticos a los tubos. fuente: (chará & mejía, 2002) | 10499 |
| figura 49. Instalación de la válvula de seguridad. fuente: (elaboración propia, 2018) | 105100 |
| figura 50. Techado biodigestor. fuente: (parra, 2016) | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.112 |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Resumen

Mineros Quebrada Azul Ltda. es una empresa de explotación minera de esmeraldas que opera en Chivor-Boyacá, Su principal fuente de alimentación de sus operarios es la producción pecuaria de bovinos, porcinos y aves de corral al igual que el cultivo de caña de azúcar, de este modo, se generan residuos sólidos orgánicos sin ningún tipo de manejo, los cuales, están generando contaminación en las fuentes hídricas cercanas. Por esto, el presente estudio se realiza con el fin de proponer un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en la Mina Mineros Quebrada Azul Ltda. en Chivor – Boyacá. Esto se llevó a cabo mediante una metodología con un enfoque mixto, permitiendo analizar datos cuantitativos y cualitativos, para así poder realizar una evaluación de alternativas de diferentes tipos de biodigestores para la producción de biogás y finalmente proponer un diseño de este. Los resultados evidencian que se producen 8739,75 Kg/mes de residuos orgánicos (provenientes de los animales, los cultivos de caña panelera y de los operarios fijos en el campamento), los cuales aportan una óptima relación C/N y un porcentaje de proteínas pertinente para que la producción de biogás sea la adecuada. En este orden de ideas, se encuentra que el modelo de biodigestor más apropiado para implementar en MQA, es el tipo TAIWAN, en el cual es posible tratar 6286 Kg/mes de la totalidad producida de residuos. Por tanto, este tipo de proyecto es viable debido a que se trata la mayor parte de los residuos generados en la empresa para la producción de gas de autoconsumo, controlando de igual forma los impactos ambientales.

Palabras clave: *Biodigestores, Biogás, ST/SV, Relación C/N, Residuos sólidos orgánicos.*

Abstract

Mineros Quebrada Azul is an emerald mining company operating in Chivor-Boyacá, whose livelihood and main source of food for its workers is the livestock production of cattle, pigs and poultry as well as the cultivation of sugar palm, thus generating organic solid waste without any type of management that also contaminates nearby water sources. For this reason, this study is made in order to propose a system based on the use of organic solid waste for the biogas production in the Quebrada Azul LTDA Mine in Chivor-Boyacá. This was carried out through a methodology with a mixed approach, allowing to analyze quantitative and qualitative data, in order to be able to evaluate alternatives of different types of biodigesters for the production of biogas and finally propose a biodigester design. The results show that 8739.75 Kg / month of organic waste comes from animals, panela cane and from the permanent workers in the mine, providing an optimal C / N ratio and a percentage of relevant proteins for the production of biogas to be the adequate one, finding that the most suitable biodigester model is the TAIWAN type, in which it is possible to treat 6286 Kg / month of the total waste produced. Therefore, these types of projects are economically viable because most of the waste generated in the company is treated for the production of self-consumption gas, controlling environmental impacts in the same way.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Key words: *Biodigesters, Biogas, ST/SV, C/N ratio, Organic solid was*

1. Introducción

La contaminación que hoy en día se está generando por la mala disposición de los residuos sólidos y además por la baja preocupación de las comunidades en torno a su debida reutilización, está conllevando a problemáticas en la salud y en el ambiente que al pasar del tiempo se están convirtiendo en irreversibles.

Una de las problemáticas actuales sobre el tema a tratar, es la sobrepoblación que hoy en día se está viviendo en la mayoría de países, todo esto, enfocado no solo en el desarrollo de la sociedad moderna en la cual se está viviendo ahora, sino en la calidad de vida que la población está buscando (Garrigues, 2003), todo esto, resultante de cuatro factores que han generado un incremento de forma alarmante sobre los residuos(MOPT,1992), estos son, el crecimiento demográfico, la sobrepoblación en centros urbanos, la adquisición de materiales de rápido deterioro y el uso de envases que no proceden de materiales biodegradables.

Estos residuos han sido clasificados de muchas formas, tales como, sólidos, líquidos y gaseosos o pastosos, dando finalidad desde su estructura química y disposición final, que según Garcia y Toro (2000) se clasifican en: Residuos sólidos orgánicos, residuos sólidos inertes o residuos sólidos peligrosos.

Dentro de esta clasificación una de las ayudas para respuesta sobre los usos que se les pueden dar, en torno a la reutilización se da por la clasificación según Garcia y Zamorano (2000): agrícolas, forestales, ganaderos, industriales y residuos urbanos.

El problema a manejar dentro del proceso de investigación en el proyecto de grado, se enfatiza en el manejo inadecuado que se está dando dentro de la mina Mineros Quebrada Azul Ltda a sus residuos sólidos orgánicos, en pocas palabras, el manejo inadecuado de estos residuos está generando daños sobre acuíferos cercanos, lo cual, está conllevando a problemáticas ambientales, además, al daño en la salud de los trabajadores por la proliferación de vectores. Por tal razón, se plantea el objetivo principal como medida de aprovechamiento de estos residuos para la producción de biogás.

Para finalizar el aporte de la presente investigación es establecer una relación entre la comunidad minera y la academia para el desarrollo de proyectos que les permitan mejorar sus condiciones, sociales, económicas y ambientales, además, de dar soluciones a problemáticas ambientales en lugares donde el apoyo del estado es mínimo y no hay apoyo para el desarrollo de estos proyectos.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

2. Planteamiento del problema

Para la presentación del planteamiento del problema, se trabajaron fases de estudio en las cuales, se demostraron las problemáticas en cuanto al manejo de residuos y a la generación de éstos por actividades antrópicas, por esta razón, en la primera parte se muestra los inconvenientes relacionados con el crecimiento poblacional y la actividad consumista de este, que consecuente a esto, denota de una problemática acerca del abastecimiento de alimentos a la población mundial, por esto, más adelante se describe el sector ganadero en cuestión de utilización de tierra para su desarrollo. Después, se da una descripción del manejo de residuos orgánicos dentro del departamento de Boyacá, los lugares de su disposición final y el manejo que se le está dando para su utilización en torno a su aprovechamiento. Ya por último se describe el territorio del área de estudio, su problemática principal y sus cuestiones en torno al manejo y al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.



Figura 1. Radiografía textual de la problemática. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Debido al rápido y constante crecimiento de la población mundial, específicamente en América, África y el Medio Oriente, la producción de alimentos para su manutención ha aumentado exponencialmente y esto ha conllevado a que los usos de suelo cambien drásticamente en torno a la implementación de agricultura y especialmente a la ganadería, por la única razón de apartar la terrible crisis alimentaria a la cual se está llegando. (FAO, 2009).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

En Colombia se cree que para los años posteriores al 2030, se tendrá serios problemas de abastecimiento de alimentos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la vulnerabilidad a la sequía afecta a América latina y el Caribe, dado a los fenómenos meteorológicos extremos que se están manifestando, los resultados están apuntando a que se generaran producciones negativas de alimentos después del 2030((hsbnoticias, 2017).Además, del crecimiento poblacional para el mismo año de 3,175,179. (Pyramid, s.f.)

Desde hace unos 50 años la ganadería en Colombia dejó de ser una actividad netamente doméstica y se convirtió en unas de las actividades más importantes del país, conllevando a ser uno de los sectores más fuertes en cuestión de ser tres veces mayor a la producción cafetera en Colombia. (Hoyos, 2009)

A consecuencia de esto, en la actualidad según el IGAC dice que la ganadería se está devorando tanto las áreas más productivas para cultivar como los ecosistemas estratégicos (Semana, 2017). La problemática ambiental encontrada muestra en cifras que, al día de hoy, la ganadería está utilizando alrededor de 14 millones de hectáreas para su desarrollo, aunque solo hayan sido destinadas 2,7 m por su fin con la actividad, llegando a ser uno de las problemáticas más fuertes en torno a la degradación del suelo junto con la erosión y la deforestación (Semana, 2017).

El aumento de la generación de residuos sólidos en Colombia asociado al crecimiento de la población y a la adquisición indiscriminada de bienes, ha generado impacto sobre los ecosistemas existentes y ha deteriorado gran parte del ambiente y de los espacios paisajísticos, de manera análoga, ha venido afectando a gran escala la salud pública conllevando problemas muy graves, en ocasiones fatales sobre la comunidad. Por esta razón, el país ha venido adaptando políticas ambientales de calidad en las cuales se evidencia los lineamientos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que otorga el cumplimiento de los objetivos de la gestión integral de los residuos sólidos.

Para entender un poco más el problema de manejo de residuos a nivel Boyacá, se debe conducir a un panorama más amplio en cuanto a la generación anual de residuos de los 123 municipios pertenecientes al departamento. De ahí, la alarmante cantidad de 162.720 toneladas de basura anuales que dramáticamente, el 82% de estos se están disponiendo en solos dos rellenos, los cuales son el de pigua en Tunja y el de terrazas de porvenir en Sogamoso. Esto está conllevando a que el 97% de los municipios presenten problemas en el servicio de aseo, además, de malas estructuras empresariales y modelos tarifarios erróneos (Consejo de Redacción , 2017). A consecuencia de esto solo 4.300 toneladas se están aprovechando adecuadamente, lo que respecta a solo a menos del 2,6% respecto al porcentaje promedio nacional, el cual dictamina un aprovechamiento del 17% de acuerdo al departamento Nacional de planeación. (Consejo de Redacción , 2017)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Según Gladys Jaramillo y Liliana María Zapata (2008) la disposición indiscriminada de estos residuos en rellenos sanitarios, está generando consecuencias, debido a, a la pérdida de sus nutrientes y a una grave problemática de contaminación ambiental, de ahí, corresponde la generación de gases y lixiviados que por consiguiente exigen la implementación de tratamientos costosos y complejos para el cumplimiento de la normatividad.

Estos residuos solidos organicos al día de hoy no están siendo tratados adecuadamente y están generando que en la comunidad minera se genere la disposición de los RSO en los vertimientos cercanos o lugares a campo abierto y en ocasiones en pozos sépticos de fincas cercanas. Esto conlleva a una problemática ambiental grave dado que puede ocasionar serias afectaciones a la comunidad entorno a la salud por proliferación de vectores y enfermedades por condiciones de trabajo inadecuadas para los mineros.

3. Pregunta de investigación

¿Cuál es el diseño mas adecuado para tratar los residuos sólidos orgánicos en el campamento de la mina Quebrada Azul Ltda, para la producción de biogás?

4. Justificación

La presente investigación se enfocará principalmente en dar solución a las problemáticas de manejo de residuos orgánicos que se está dando en el campamento de la mina Quebrada azul Ltda

La propuesta de diseño de implementación de un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos dentro de la comunidad de Chivor, se propone, como una alternativa viable y segura en la cual la mina y demás partes interesadas pueden elegir para el manejo adecuado de los residuos generado por la actividad ganadera y agrícola, se debe agregar que es una alternativa de generación de energías limpias en forma de biogás o biocombustible, con potencial de actividad energética principal dentro de zonas rurales donde el acceso a estos servicios es de difícil acceso y en ocasiones de deplorable prestación.

Se debe agregar, que la propuesta integra varias dimensiones y logra dar beneficios en entornos socio-económicos, tecnológicos y ambientales, agrupando diferentes sectores y dando soluciones eficientes y sostenibles al problema energético que hoy en día está teniendo los combustibles convencionales o combustibles fósiles alrededor del mundo.

De forma académica logra integrar diferentes perspectivas y materias entorno a la gestión de residuos sólidos, gestión ambiental y fisicoquímica principalmente, los cuales dictan las pautas principales para que el proyecto se forme adecuadamente con los parámetros precisos para que el sistema de aprovechamiento sea el oportuno sobre la comunidad.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Además, de que, desde la parte ambiental, se logra mejorar la perspectiva de las comunidades rurales sobre la disposición final de los residuos sólidos, los cuales, son básicamente dar disposición en zonas no aptas tales como, fuentes hídricas, espacios a campo abierto sin ningún tratamiento y fosas, generando, graves problemas de vectores o proliferación de enfermedades que en la mayoría de ocasiones produce daños en la salud de las comunidades aledañas.

Finalmente, desde una perspectiva social y económica, abarcando la implementación del biodigestor, se generan beneficios monetarios en cuanto ahorro de pago de servicios de energía, además de biofertilizantes resultantes del proceso de la fermentación anaeróbica, aparte de que su implementación sea económica y de fácil acceso, igual que su mantenimiento, manejo y demás actividades, todo esto se verá reflejado a lo largo del documento.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General:

- Proponer un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.

5.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la oferta de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.
- Determinar el sistema de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.
- Diseñar un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda.

6. Marco de referencia

6.1 Antecedentes

Dentro de los estudios realizados y encontrados referente al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, Se tiene un artículo del año 2016 realizado por Chávez y Rodríguez acerca del aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica, mostrando una revisión de la gestión de los residuos dentro de las zonas agrícolas y zonas forestales, además de las diferentes formas de implementación hechas en diferentes países, dando una solución al desarrollo consumista que se ha dado por las actividades antrópicas entorno al mejoramiento de la economía. (Porrás & González, 2016).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Así mismo, se encuentra un estudio de ámbito específico realizado por Jaramillo y Zapata en la Universidad de Antioquia, en la cual, se da una descripción sobre los tipos de aprovechamiento que se tienen en Colombia frente a la problemática de manejos de residuos, además de brindar un panorama amplio sobre los impactos negativos por su disposición inadecuada y mal tratamiento, además, de nombrar y mostrar la normatividad vigente de la Gestión Integral de residuos Sólidos (PGIRS), de la cual hace parte métodos como separación en la fuente y métodos de disposición final. (Henao & Márquez, bibliotecadigital.udea.edu.co, 2008).

Del mismo modo, se encuentra un artículo publicado por Castañeda y Rodríguez en el 2017 titulado “Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia” en el cual se describe una propuesta en torno a la toma de decisiones frente a la planificación y gestión de los residuos sólidos orgánicos, en el cual, la visión principal es la reducción de los impactos ambientales de la comunidad de estudio por medio de la aplicación de un modelo de optimización conceptual, técnico y matemático para el apoyo de toma de decisiones. (Castañeda & Rodríguez, 2016).

Por último, con el propósito de trabajar el objetivo principal del estudio se tiene la construcción y evaluación de un digestor anaerobio para producción de biogás a partir de residuos de alimentos y poda a escala banco, desarrollado por Pacheco como trabajo de profundización para optar al título de Magister en Ingeniería Ambiental, demuestra, dentro de su documento se analizan los aspectos por los cuales Colombia dispone diariamente en cuestión en torno al manejo de residuos sólidos, todo esto con el sentido de producción de Biogás a partir del aprovechamiento de los residuos, también, analizando los tipos de biodigestores y aplicaciones de biorreactores de lecho fijo tipo batch (LBR- leachate Bed Reactor), además, de determinar una serie de parámetros en la producción de biogás, tales como pH, temperatura, Demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), ácidos grasos volátiles- AGV y en forma general la producción del biogás. (González, 2016)

6.2 Estado del arte

Para la realización del estado del arte, se llevó a cabo una revisión bibliográfica compuesta por artículos de investigación a nivel local, regional y global relacionados con el tema de la generación de biogás a partir de residuos orgánicos con el fin de aportar al trabajo de investigación en curso. Para el análisis de los artículos se tuvo en cuenta el objetivo general, el marco teórico, metodologías usadas, análisis, resultados, aporte a la investigación y por última parte la convergencia y divergencia de los mismos.

De carácter local, se encuentra el estudio de investigación realizado por Montenegro, K, Rojas, A, Cabeza, I, & Hernández, titulado “*Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca*” donde se determinó el potencial de producción de biogás de los residuos agroindustriales en el departamento de Cundinamarca

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

a través de biodigestión anaerobia. Los autores establecieron el potencial teniendo en cuenta tres acercamientos metodológicos que incluyeron la evaluación de la generación de residuos en cada uno de los municipios, el cálculo del potencial por tipo de biomasa residual en el departamento y la identificación de tres regiones con el mayor potencial de producción de biogás.

En efecto, este trabajo aporta fundamentalmente una metodología de cálculo del potencial de biogás en municipios de Cundinamarca junto con soportes en una recopilación, estandarización y procesamiento de la información disponible de áreas cultivadas y residuos generados en cada sector y/o actividad, tomando como fuente la información suministrada por la Gobernación de Cundinamarca en la subdirección de planeación y desarrollo rural, la información de la Encuesta Nacional Agropecuaria (2013), el anuario estadístico del sector agropecuario (2012), el censo nacional agropecuario (2014) suministrado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), levantamiento de información en campo en la UMATA de los municipios. Finalmente se obtienen datos que registran un potencial promedio de biogás de 1.117.567 TJ/año calculado por la transformación de los residuos agroindustriales a través de proceso anaerobio. Sobre todo, los residuos de mayor aporte en el potencial encontrado corresponden a aquellos generados por actividades relacionadas con los cultivos de café, caña panelera, arveja, papa; excretas bovinas y avícolas, por ende, se tiene que las regiones que podrían cobijar sistemas centralizados se identificaron en torno a los municipios de Fómeque, Guachetá y Anapoima, los cuales presentaron mayor potencial. El potencial estimado para estas regiones fue de 89.651, 127.513, 58.541TJ/año para la región 1, región 2 y región 3, los cuales son similares a los reportados para plantas de biogás en varias regiones del mundo. También se tomó como referencia nacional, el trabajo de investigación “*Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado*” realizado por Cardona, C. Sánchez, O. Ramírez, J. & Alzate, L., en el 2004, con el fin de caracterizar, clasificar y acondicionar los residuos orgánicos de la plaza de mercado de Manizales-Caldas, donde se analizan los posibles tratamientos para su conversión en productos de valor agregado. Por lo tanto, los autores resaltan la elección por transformar el almidón y la celulosa presentes en los residuos, estableciendo las mejores condiciones de temperatura, pH y dosificación de enzima para transformar los polisacáridos en azúcares reductores. En consecuencia, se obtiene una nueva materia prima la cual es el etano al igual que se evaluó la producción de biogás y compost a partir de los residuos estudiados. Por esta razón, la investigación realizada por Cardona, C. et al., aporta predominantemente, una estimación de producción de biogás, determinando que por cada kilogramo de residuos tratados se producen aproximadamente 4 L de biogás, y finalmente se determina que, a pesar de los valores relativamente bajos de la relación C/N para los residuos vegetales, se evidenció la posibilidad de llevar a cabo un proceso de compostaje para este tipo de desechos, brindando una referencia de lo que se podría producir a partir de la biodigestión de materiales orgánicos encontrados en la cocina de un campamento minero.

En cuanto a las investigaciones de carácter regional y global, se tomó como referencia bibliográfica, el trabajo realizado por Jiménez, R. López, E. González, F. & Curbelo, J.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

(2017), el cual se titula ***“Metodología para la estimación del potencial de biomasa en Cienfuegos con fines energéticos”*** y que tiene como objetivo principal presentar la metodología utilizada para calcular las potencialidades presentes y futuras del total de residuos por fuente de biomasa. A partir del levantamiento de la biomasa cañera, cafetalera, arrocería y residuos aserraderos, mediante informaciones aportadas por las principales empresas productoras de la provincia de Cienfuegos en Cuba, por tanto, fue posible para los autores determinar la energía total entregada, así como la reducción (en toneladas) de las emisiones de CO² a la atmósfera.

Por tanto, este artículo proporciona cifras de las potencialidades de diferentes tipos de residuos orgánicos encontrados, tales como el bagazo, presentando un potencial de energía total de 4.40×10^8 MJ reduciendo 137 652.9 t de CO²; por su parte, la energía total derivada de la cachaza fue de 7.093×10^8 MJ y se redujo 221 423.9 t de CO². Para el caso de los residuos de café y arroz y los remanentes generados por los aserraderos, estos valores fueron de 4.808×10^5 MJ (150.08 t e CO²), 6.347×10^7 MJ (19 813,24 t de CO²) y 4.108×10^7 MJ (12 824.19 t de CO²), respectivamente.

Adicionalmente, se consultó y se tuvo en cuenta la investigación ***“Diseño de un prototipo de planta de compostaje a partir de residuos orgánicos en el campamento Titán-Arequipa”*** realizado en Perú por Pizarro, E. en el 2016, donde se presentó el diseño, construcción y prueba de un prototipo automático para preparar composta a partir de residuos sólidos orgánicos domésticos. El autor presenta un prototipo que tiene la capacidad de tratar Kg de RSOD al día. El procesamiento de los residuos que se presentan es continuo, y el compostaje tiene una duración de 30 días, es decir desde que los residuos son introducidos a la máquina de compostaje hasta que salen del mismo, tiempo que permite la obtención de un producto con estabilidad biológica aceptable y que puede ser aplicado como enmienda directamente al suelo cultivado. Para el diseño de esta máquina, se realizaron cálculos para su dimensionamiento, se elaboraron los planos del equipo, se determinaron las especificaciones técnicas y los diagramas de ensamble para su construcción, además del programa fuente y diagrama electrónico.

Por consiguiente, al revisar este trabajo se puede resaltar el aporte de un prototipo de las dimensiones para el diseño de una máquina de compostaje, arrojando los siguientes valores: longitud de 1500 mm, ancho de 700 mm y altura de 1250 mm; las funciones que realiza son: monitoreo de la temperatura de los residuos y su disminución cuando supera los 65 °C; aireación buscando mantener una concentración de oxígeno adecuada para el desarrollo microbiano (concentración de oxígeno en el aire al anterior del compostador > 6%); extracción del exceso de humedad, movimiento, descompactación y mezclado de los residuos en algunas partes del proceso; despliegado de la información de la temperatura del material y del medio ambiente en una pantalla de cristal líquido (LCD); y despliegado de información de la fecha y hora en el LCD, información que puede ser ajustada por el usuario. Las pruebas realizadas al prototipo permitieron verificar su correcto funcionamiento y

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

determinar que la calidad del producto final obtenido es adecuada para su uso como enmienda.

Posteriormente, se revisó el trabajo realizado en el 2011 por Campo, B. en La Habana-Cuba, quien planteó una **“Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino”** basándose en la teoría de la implementación de la estrategia de enfrentamiento al cambio climático elaborada por el Ministerio de la Agricultura de Cuba, donde se plantea que para la reducción de emisiones, la medida consistente en “Disminuir el consumo de combustibles de origen fósil, con el empleo de fuentes renovables de energía”; y afirmando que en Cuba los biodigestores constituyen una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos generados en las empresas agropecuarias, pues permiten disminuir la carga contaminante, mejorar la capacidad fertilizante del material, eliminar los malos olores y se genera una energía renovable denominada biogás, que es un gas combustible que puede utilizarse para cocer alimentos, calentar agua, generar electricidad, y obtener luz directamente usando lámparas de gas.

Por tanto, en este trabajo se muestra una metodología para facilitar el análisis y cálculo de los parámetros para la construcción de biodigestores de cúpula fija, aprovechando los residuos orgánicos producidos, tales como las excretas animales o bien sea material orgánico resultado de la manipulación de alimentos.

En consonancia con el tema a tratar en la investigación, se tomó como referencia bibliográfica el trabajo llamado **“Estimación de excreción fecal de cerdos como material de ingreso en biodigestores y para composta”**, donde Martínez, V y García M. pretenden estimar la excreción fecal de cerdos, destinados a biodigestores o materiales para composta, de acuerdo con la influencia del principal ingrediente dietético (cereales, mieles de caña de azúcar o desperdicios procesados) en 55 tipos de raciones informadas en 18 experimentos cubanos publicados entre 1983 y 1998. Después de la selección de los experimentos, se pudo obtener que No se halló influencia dietética marcada en la excreción de MS fecal (1.13 kg de material fresco/kg MS ingerida) aunque las mieles parecieron generar más y los desperdicios procesados menos material fecal fresco (1.35 y 0.51 respectivamente). En contraste, las mieles determinaron una excreción fecal de N evidentemente menor que los desperdicios procesados. No obstante, los autores no lograron hallar suficiente información sobre la excreción fecal de P en dietas cubanas no convencionales.

En concordancia con lo anteriormente presentado, la investigación realizada por Martínez, V y García, M (2004). Razonablemente aporta una idea de cuidado y crianza de los porcinos en el campamento minero, para mejorar el rendimiento en la producción de biogás en biodigestores y para composta, generando un beneficio energético, económico, social y ambiental, para la comunidad involucrada.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Finalmente, se puede resaltar que la convergencia de la bibliografía consultada, se evidencia en los objetivos y metas planteadas, debido a que todos pretenden generar biogás o implementar un biodigestor a partir de residuos de material orgánico mediante el compostaje de este, más específicamente residuos provenientes de actividades domésticas y pecuarias en un campamento minero. Por otro lado, estos divergen en cuanto al enfoque, unos son de carácter investigativo y otros son de carácter práctico, aunque así mismo complementan el trabajo, con soportes de resultados en otros países y en Colombia, propuestas de metodologías diferentes, un modelo de costo y diseño del proyecto en Costa Rica, el rendimiento y el potencial de la aplicación de un biodigestor en el país.

6.3 Marco teórico

Dentro de este Capítulo, se busca la articulación de la información contenida dentro del documento, explicando cómo se trabajó y de donde se partió, teniendo enfoques desde las características generales a los particulares, por ende, se entiende y se toma el termino energías alternativas como la teoría general del documento, dado que es el empalme sobre todas las tecnologías de innovación y principalmente limpias que están satisfacción las necesidades primordiales de la comunidad, por esta razón, la producción de biogás se apropia como la teoría sustantiva 1 dado que entra como una forma de generación de energía limpia que suprime la utilización de energías convencionales y energías fósiles, utilizando la teoría sustantiva 2 como su materia prima, dicho lo anterior, el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos se torna necesario e indispensable para el correcto funcionamiento de la teoría sustantiva 1 y se enfoca en la generación de energía a partir de los desechos del sector ganadero y agricultor. En síntesis, la anterior información esta evidenciada en la siguiente figura.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

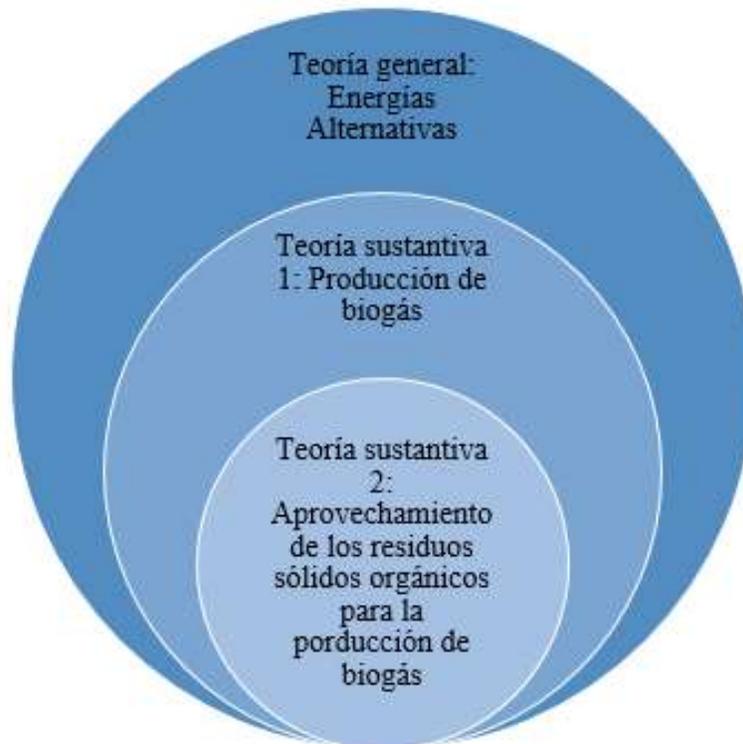


Figura 2. Estructura del marco teórico. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Con respecto a las energías alternativas, en su artículo sobre energía y ambiente, realizado en el 2002, Posso, define las energías alternativas como aquellas que comprenden todas aquellas energías de origen no fósil y que no han participado significativamente en el mercado mundial de la energía. Así mismo, Pacheco, F (2006)., recalca que estas energías proceden de ciclos naturales de conversión de la radiación solar, fuente primaria de casi toda la energía disponible en la Tierra y, por lo tanto, son prácticamente inagotables y no alteran el balance térmico del planeta y se configuran como un conjunto de fuentes de energía que pueden ser llamadas de no convencionales, es decir, aquellas no basadas en los combustibles fósiles y grandes centrales hidroeléctrica.

De manera que estas energías poco a poco están ocupando el espacio que antes estaba ocupado totalmente por las fuentes fósiles, lo que ha sido propiciado por el desarrollo tecnológico que permite el aprovechamiento de esas fuentes renovables como combustibles alternativos. Hay que mencionar, además que, para delimitar el concepto en aquellas energías con ciclos de renovación natural, que, en última instancia, se originan de la energía solar como fuente primaria, se deben Incluir la energía eólica, de biomasa y la solar, identificándolas como formas de energía que se regeneran de una forma cíclica en una escala de tiempo reducida. (Pacheco, 2006) En consonancia con lo anterior, Santamaría, J. 2010, en su trabajo titulado “las energías renovables son el futuro”, afirma que este tipo de energías pueden y deben utilizarse de forma sostenida, de manera tal que resulte en un mínimo impacto al medio ambiente. Así que el desarrollo tecnológico ha permitido que, poco a poco,

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

pueden aprovecharse tanto como combustibles alternativos (alcohol, combustibles) o en la producción de calor y de electricidad, como la energía eólica, solar, de la biomasa, y de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCHs), separadas de las grandes hidroeléctricas, con características renovables, constituyéndose en fuente convencional de generación de electricidad.

Teniendo en cuenta que la implementación de energías renovables representa un elevado coste económico, representa a su vez un impacto negativo sobre el paisaje en medios rurales, y en el caso de las energías renovables con un factor biológico en su proceso, como la procedente de la biomasa, hay que resaltar que los balances de dióxido de carbono no siempre son neutros y realmente sí que están produciendo emisiones de efecto invernadero; cuando se incrementa la participación de las energías renovables, se asegura una generación de electricidad sostenible a largo plazo, reduciendo la emisión de dióxido de carbono. Hay que mencionar además que, al ser aplicadas de manera socialmente responsable, pueden ofrecer oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas y promover el desarrollo de tecnologías locales. (Santamaría, 2010)

Así que producir energía limpia; apostar por las renovables; frenar la dependencia de las importaciones energéticas, limitar el efecto invernadero, entre otros aspectos ambientales, son objetivos a los que estas alternativas le apuestan, solucionando muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica. Las energías renovables podrían cubrir un tercio del consumo de electricidad y reducir las emisiones de dióxido de carbono. (Santamaría, 2010)

Por lo tanto, en un ámbito más nacional, Canseco, en el 2010 elaboró un informe donde afirma que Colombia, por su estratégica posición en el trópico y en el sistema montañoso de los Andes, tiene un potencial importante en energías como la eólica, la solar y la geotérmica, por ejemplo, pero debe crear las condiciones para desarrollarlas en firme, lo cual le permitirá mantenerse como una economía baja en carbono y posicionarse además como exportador de energías limpias y de productos con una huella igualmente baja en carbono.

Para ilustrar mejor, Correa en la sección de sostenibilidad de la revista Semana realizada en el año 2001, ejemplifica el caso del corregimiento de Palmar en Ciénaga, Magdalena. Allí, una microcentral hidroeléctrica ubicada en la Sierra Nevada de Santa Marta, utiliza una potencia inicial de 150 kilovatios, la cual parece escasa, pero es suficiente para suplir las necesidades energéticas de esta población con poco más de 500 familias. La obra funciona desde hace 25 años con un importante valor adicional: el mantenimiento de la infraestructura, la administración y la operación son realizadas por la propia comunidad. En 2016 terminaron de repotenciar la microcentral, con lo que duplicaron su capacidad con tecnología de punta. Eso le posibilitará una vida útil de otros 30 o 40 años en este pueblo que crece de la mano del café colombiano.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

En este sentido, Posso (2002), introduce a los diferentes tipos de energías alternativas que en este momento se encuentran en auge, resaltando la energía de **biogás** producida por biomasa, definiendo el término como cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato en un proceso biológico y es, en última instancia, energía solar transformada por fotosíntesis. La madera, los deshechos de agricultura y el estiércol de animales son ubicados en esta categoría.

Dicho lo anterior, Ponce realizó una investigación en el 2016, titulada “Métodos sencillos en obtención de biogás rural y su conversión en electricidad” donde hace referencia a algunos métodos como el modelo hindú, el cual funciona en base a un contenedor de gas flotante sobre el biodigestor y su objetivo principal es producir una fuente de energía. Por lo tanto, esta instalación es útil cuando se instala en una aldea campesina, con un servicio comunitario. Igualmente, hay un modelo chino, que se derivó del hindú, el cual carece de depósito de gas flotante y su objetivo es más sanitario-ambiental que generador de gas. Funciona en base al desplazamiento de líquidos empujados por el biogás. Así mismo se hace referencia a un modelo cubano, que aunque es interesante, los costos de eficiencia aumentan al aumentar la mano de obra. Por lo tanto, el autor llega a la conclusión de que el sistema que mejor se adapta a las necesidades de familias campesinas es el biodigestor tubular de geoplástico, debido a que su tecnología es simple y económica con una fácil instalación, a su vez se puede emplear en sitios planos o de superficie complicada, tanto en sectores urbanos o rurales. Este método está al alcance de más personas, como ejemplo se cita a Vietnam donde existen unas 30.000 instalaciones. No se requiere de subsidios porque los materiales son económicos y están disponibles en casi todo el mundo.

De acuerdo con Weiland (2010) la producción de biogás proporciona una fuente versátil de energía renovable, ya que el metano puede usarse para reemplazar los combustibles fósiles en la generación de calor y energía y como combustible para vehículos. A causa de lo anteriormente mencionado, el interés por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y facilitar un desarrollo sostenible del suministro de energía ha aumentado con el pasar de los años y conlleva a querer aplicar la digestión anaeróbica de cultivos, residuos y desechos energéticos. Para la producción de biogás, se aplican varios tipos de procesos que se pueden clasificar en sistemas de fermentación húmeda y seca. Los sistemas de digestión húmeda que se usan con mayor frecuencia son los que utilizan un digestor vertical de tanque agitado con diferentes tipos de agitadores que dependen del origen de la materia prima.

Simultáneamente, Weiland (2010) resalta también que el biogás se utiliza principalmente en centrales térmicas y de energía combinadas basadas en motores, mientras que las turbinas de micro-gas y las pilas de combustible son alternativas costosas que requieren un mayor trabajo de desarrollo para reducir los costes y aumentar su fiabilidad. La mejora y la utilización del gas como combustible de vehículos renovables o inyección en la red de gas natural son de interés creciente porque el gas se puede utilizar de una manera más eficiente. El residuo de la fermentación anaeróbica es un fertilizante valioso debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno y al mejor efecto de fertilización a corto plazo.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Si bien se ha resaltado la importancia de la producción y utilización del biogás, ya que es considerado una fuente de energía limpia, reduciendo la emisión de gases contaminantes a la atmosfera, que adicionalmente contribuye a la reducción de la cantidad de residuos orgánicos que llegan a los rellenos sanitarios; es costoso y complejo en lo que respecta su almacenamiento y su producción, generando a su vez dióxido de carbono.

En cuanto a la implementación de biodigestores en Colombia, Siabato (2004) menciona que con la firma del protocolo de Kyoto, Colombia adquirió compromisos con los objetivos de mitigación y adaptabilidad al cambio climático. No obstante, estas no son todas las facetas del Desarrollo Sostenible (DS) en un país en vía de desarrollo que basa su economía en la exportación de materias primas y actividades agrícolas y pecuarias. Como se ha demostrado, el rol de las energías renovables dentro de las comunidades rurales trasciende la expansión de los servicios de energía, y se relaciona directamente con la promoción de un DS basado en el alivio de la pobreza y la preservación de los recursos. Poniendo como ejemplo, en la sección de sostenibilidad de la revista semana en el 2001, se destaca la región del país, Supía, Caldas, donde utilizan el café para sustituir al carbón como combustible limpio para el secado de ladrillos. La cascarilla del grano ha resultado muy buena en ese proceso, y de paso le ayuda a la industria del café a disponer de sus residuos. Con ello, las ladrilleras disminuyen sus emisiones de CO₂ y, claro está, la factura del carbón. Esto es eficiencia energética que se traduce en ahorro real y cuantificable.

Acorde con lo que se explicó anteriormente, para el *aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos* con la finalidad de la producción de biogás se necesita un biodigestor, el cual es definido por Pachón&Pérez en su “revisión del estado del arte biodigestor”, como un tanque, cerrado herméticamente dentro del cual se deposita el material orgánico, el cual es fermentado por medio de microorganismos anaeróbico y bacterias produciendo biogás y bioabono, actualmente encontramos varios tipos de biodigestores. De manera que, Zuluaga, 2007, recalca que es importante tener en cuenta que este se crea con una sola razón, la cual es principalmente producir un beneficio económico a las personas y al medio ambiente, ya que hay disminución de olores, disminución de contaminación de agua.

De igual forma Zuluaga, 2007, cita al Órgano informativo de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2006, recalcando la definición de biodigestor, la cual dice “Los biodigestores son compartimientos herméticos en los cuales se fermenta la materia orgánica a partir de excrementos principalmente y se produce gas combustible o biogás, convirtiéndose en una valiosa alternativa ecológica en el tratamiento de residuos generados en producciones porcícolas”; complementariamente a esta definición, se debe tener en cuenta que, estos biodigestores sirven para las explotaciones porcícolas y para todas las granjas que busquen un beneficio ecológico.

Es importante tener en cuenta que hay diferentes tipos de biodigestores; en consecuencia, Pachón&Pérez describen 3 tipos de biodigestor, comenzando por el biodigestor de flujo

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

continuo (BATCH) el cual es cargado una sola vez y la materia orgánica es desocupada y remplazada por nueva cuando ya no produce gas, cuando ya no produce más gas; Seguidamente, describe el biodigestor semi-continuo, siendo cargado cada cierto tiempo, más específicamente en tiempos cortos, perteneciendo a los modelos chinos, hindúes y taguanes; y finalmente describe el biodigestor continuo, donde se carga continuamente de biomasa, permitiendo aprovechar excrementos para así evitar la contaminación de aguas, malos olores y proliferación de vectores, al igual que se destaca que su principal uso es el tratamiento de aguas residuales y generación de biogás a una escala mayor a la de otros biodigestores.

Con la implementación de los biodigestores, Zuluaga, 2007 afirma, tal como se había señalado anteriormente, que la calidad de vida mejora su nivel debido a que se disminuyen enfermedades tanto en las personas como en los animales, por reducción de olores; al igual que se disminuyen los costos fijos, debido a la utilización del abono orgánico, producido por la materia fecal, el cual va a reemplazar el abono químico. Y, por otro lado, la disminución de los costos de la luz eléctrica y el agua, debido a la utilización de la luz que es generada por el gas metano producido de igual forma en el tanque plástico, por la acumulación de material fecal, proveniente de diferentes especies (cerdos, vacas, principalmente). Ahora bien, el autor destaca a su vez que la utilización de los biodigestores presenta riesgo de explosión producida por acumulación de gases, causando daños alrededor del sitio de instalación del tanque y posibles quemaduras en las personas. Por tal motivo, es importante tener en cuenta, todo lo que favorece el buen uso de los recursos, evitando el desperdicio de agua, disminuyendo el consumo de energía y favoreciendo a la disminución de malos olores producidos por materia fecal.

6.4 Marco conceptual

En el presente marco, se consignan los conceptos relacionados y necesarios para la realización del proyecto de investigación en curso.

6.4.1 Residuos Sólidos

En la guía ambiental de rellenos sanitarios, elaborada por el ministerio de medio ambiente en el 2002, se define un *residuo sólido* como cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones y de servicios. Adicionalmente, los residuos sólidos son caracterizados en función de la actividad dominante (industrial, comercial, turísticas, etc.), las costumbres de la población como ritmos, costumbres, alimentación, hábitos, patrones de consumo y clima

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

principalmente. Para determinar las características de los residuos sólidos de un municipio determinado es necesario realizar determinaciones periódicas (no más de 10 años en promedio). En efecto, los residuos sólidos se clasifican de la siguiente manera:

| Actividades generadoras | Componentes | % del total de RSM* |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Residencial y domiciliario | Desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, etc. | 50 a 75 |
| Comercial Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros | Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos | 10 a 20 |
| Institucional Oficinas públicas, escuelas, colegios, universidades, servicios públicos y otros | Semejantes al comercial | 5 a 15 |
| Industria (pequeña industria y artesanía) Manufactura, confecciones de ropa, zapatos, sastrerías, carpinterías, etc. | Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Incluye residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos. | 5 a 30 |
| Barrido de vías y áreas públicas | Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos, etc. | 10 a 20 |

* Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe—ALC. Washington DC: BID, OPS/OMS; 1997.

Figura 3. Actividades generadoras de residuos sólidos en la Región de América Latina y el Caribe. Fuente: (Jaramillo, 2002)

Por lo tanto, cuando se habla de residuos sólidos orgánicos, Jaramillo, G. & Zapata, L, 2008. en su trabajo de investigación “Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia” los define como aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Por ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, Cardona, Sánchez, Ramírez, Álzate, en el 2004 afirman que en el mundo se producen aproximadamente 1600 millones de toneladas por año de residuos sólidos, los cuales generan graves problemas, no sólo por el deterioro progresivo del medio ambiente, sino también desde el punto de vista económico puesto que los costos de recolección, transporte y disposición final son cada vez mayores. También se estima que los servicios de disposición, tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos mueven mundialmente un mercado anual de 100.000 millones de dólares, de los

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

cuales 43000 millones corresponden a Norteamérica, 42000 millones a la unión europea y solo 6000 millones a Suramérica, siendo la producción de residuos de 250200 y 150 millones de toneladas por año.

Resaltando que, para el caso de Colombia, las cifras del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial indican que en un día el país produce 27300 toneladas de residuos de las cuales el 65% son residuos orgánicos y el 35% son residuos inorgánicos. Los componentes que constituyen la fracción orgánica de las basuras colombianas son residuos de alimentos, papel, cartón, madera y residuos de jardín. Solo el 40% de los residuos sólidos municipales tiene un manejo adecuado, el 50% es manejado de forma indebida y el 10% es recuperado gracias al reciclaje.

6.4.2 *Aprovechamiento*

De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos, expuesta por Jaramillo & Zapata (2008), se entiende por ***aprovechamiento*** que es el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el proceso tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable. Cabe destacar que se denominan aprovechables, aquellos residuos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial. La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente. El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente.

La mayoría de investigaciones sobre residuos orgánicos realizadas tanto en los países desarrollados como en Colombia, han concentrado sus esfuerzos en la transformación de estos residuos a biogás y compost. Igualmente, se han llevado a cabo estudios para el diseño de procesos de conversión de residuos sólidos municipales a alcohol, algunos de los cuales han sido patentados para su implementación a nivel comercial. En particular, Cardona, et al (2004), reportan en su trabajo de investigación que la compañía Masada Resource Group, iniciaron la operación de la primera planta productora de etanol en Estados Unidos a partir de residuos sólidos municipales mediante la hidrólisis ácida de la celulosa contenida en los mismos. Sin embargo, la mayoría de estos procesos se limita al tratamiento de la celulosa mediante hidrólisis ácida y no explora la utilización de enzimas ni la potencialidad de hidrolizar el almidón presente en los residuos sólidos de origen vegetal.

6.4.3 *Minería De Esmeraldas*

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

En concordancia con Galvis, de mineros quebrada azul (2010), para la extracción y producción de esmeraldas, Se hace una explotación subterránea discontinua, utilizando para el arranque del material medios mecánicos (martillos neumáticos o eléctricos) y explosivos; el material rocoso (estéril) previamente arrancado se carga en vagones o carros tierreros con palas y es empujado por un acarreador (obrero) hasta la boca túnel y se acumula en el sitio asignado, donde se forma una escombrera por vertimiento libre; con el tiempo este material se recogerá y se trasladará en volquetas a sectores de los accesos externos o internos que lo requieran para su mantenimiento o se utilizará para la conformación de bolsa-concreto, para el control de la erosión de taludes o de las márgenes de la quebrada Gualí en el área del proyecto. Consecuente a esto, después de hallado el mineral esmeralda, se deberá extraer rompiendo la veta, si es dura, con el empleo de un rompedor eléctrico o con el empleo de un pico y/o una puñaleta cuando el mineral se encuentra en una veta blanda o en una zona de brecha.

La Empresa minera deberá tener en cuenta la necesidad de delimitar una zona donde se instale infraestructura para el desarrollo del proyecto minero, por lo que se tendrá hacer la adecuación y el mantenimiento de dichas instalaciones. Los campamentos constan de: dormitorios, casino, servicios sanitarios, oficina de administración, almacén, enfermería y zonas recreativas. (Galvis, 2010)

Finalmente, en el “plan de manejo ambiental para las labores mineras a desarrollar en el área del contrato EGH-101” realizado por mineros quebrada azul en el 2010, se estima que el volumen de residuos sólidos domésticos generados por los empleados en sus actividades operativas, de alimentación y esparcimiento es de 0.2Kg/hombre/día, que para los 30 hombres promedio día que permanecen en la mina será de 6Kg/día, que significan 180Kg/mensuales y anualmente 2160Kg/anales. Así mismo, se deberá realizar la clasificación y disposición de los residuos sólidos domésticos según sean sus características: Desperdicios alimenticios podrán ser empleados en la alimentación de animales; los desechos plásticos y papeles junto con los elementos de metal y vidrioserán dados para ser reciclados. Los residuos sólidos no reciclables serán dispuestos en fosos de confinamiento. Se ubicarán en diferentes sectores pequeñas canecas plásticas para la recolección de basuras y evitar así que un espontaneo arroje la basura al medio.

6.5 Marco legal

En presente capitulo se determinó las leyes, decretos, resoluciones, por las cuales se ampara legalmente la producción de biogás a partir de residuos sólidos orgánicos. Para presentar de una forma organizada se elaboró una tabla en orden cronológico, donde se estipula el nombre de la noma, su temática principal y la relación de los artículos con la investigación en curso.

Tabla 1. Marco Normativo

| NORMA | DISPOSICIÓN | Artículo |
|--------------|--------------------|-----------------|
| | | |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ley 99 de 1993. Ley General Ambiental de Colombia</p> | <p>Por medio de esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental.</p> | <p>En el artículo 1 de la presente ley se enuncia que el desarrollo económico y social estará orientado bajo los principios del desarrollo sostenible establecidos en la Declaración de Rio de Janeiro de junio de 1992 sobre medio ambiente y desarrollo. Por otra parte, en los artículos 35 y 65 se mencionan las funciones de las CAR en el primero, mientras el segundo artículo se refiere a las obligaciones de los Distritos y Municipios con respecto al tema del manejo de residuos. La convergencia de estos artículos con la presente investigación radica en el impacto generado por los residuos sólidos producidos en el campamento minero estudiado, para lo cual se necesita un control de los entes gubernamentales, y un compromiso de la empresa para disminuir sus impactos ambientales.</p> |
| <p>Decreto Ley 2811 de 1974. Código Nacional de recursos Naturales</p> | <p>El presente decreto tiene por objetivo dar las bases normativas para el manejo de los recursos naturales renovables, además de propender por los derechos de las comunidades a disfrutar de un ambiente que contribuyan al bienestar físico.</p> | <p>En el artículo 1 se menciona el ambiente como un patrimonio de todos los ciudadanos, razón de que estado y particulares tengan la obligación de su cuidado. En cuanto a residuos el código en el Capítulo III se menciona el manejo, prohibición y disposición final de los residuos. Por consiguiente, es necesaria la investigación de sistemas de aprovechamiento de residuos orgánicos para lugares donde no se cuenta con la posibilidad de depositarlos en lugares especializados para el tratamiento de los mismos.</p> |
| <p>Constitución Política de Colombia 1991</p> | <p>Se considera que la Constitución Política es la ley suprema por la cual se establecen los derechos y deberes de los habitantes de la Nación, además de la</p> | <p>En la constitución en el Capítulo III denominada de los derechos colectivos y el ambiente, se encuentra el artículo 79 el cual hace referencia al derecho a tener un ambiente sano, por tal razón la empresa minera estudiada debe procurar que los residuos de su actividad no generen</p> |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | organización de los poderes del Estado. | impactos negativos para el ambiente y así afectar a las comunidades aledañas. |
| Política de Gestión de Residuos Sólidos 1998 | Por medio de la cual se establecen las normas y artículos sobre la gestión integral de los residuos sólidos. | El objetivo general de la Política es la minimización eficiente de los riesgos a la salud humana y al medio ambiente, así mismo minimizar la cantidad de residuos que llegan a los rellenos sanitarios. Como se mencionaba anteriormente se busca un aprovechamiento de los residuos antes de su disposición final, en especial los orgánicos por su potencial de uso, de ahí la importancia de implementar herramientas que permitan incorporar nuevamente estos residuos a un sistema productivo, aumentando el desarrollo económico. |
| CONPES 3510 DE 2008 | A partir de los retos identificados para Colombia, el documento CONPES 3510 publicado en marzo de 2008, recomienda implementar estrategias orientadas a generar las condiciones necesarias para el mejoramiento de la eficiencia productiva de la agroindustria de los biocombustibles, de manera económica, social y ambientalmente sostenible. | Dentro de las estrategias propuestas para la producción de biocombustibles se encuentra la creación de la Comisión Intersectorial para el manejo de biocombustibles, la promoción de la reducción de costos de producción y transformación de las biomásas, y en última instancia incentivar la producción eficiente, económica, social y ambientalmente sostenible de biocombustibles. |
| Decreto 1713 de 2002 | En este decreto se presenta la definición de la terminología correspondiente al manejo de los residuos sólidos. Además de reglamentar el servicio público de aseo en | En el primer artículo se definen los términos como: aprovechamiento, disposición final, residuo sólido, contaminación, servicio de aseo, reutilización, usuario. Por otra parte, en el artículo 19 se mencionan las condiciones que deben presentar las |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | |
|--|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos | unidades de almacenamiento de los residuos, por ejemplo, las unidades de almacenamiento serán aseadas, fumigadas y desinfectadas por el usuario, con la regularidad que exige la naturaleza de la actividad que en ellas se desarrolla de conformidad con los requisitos y normas establecidas. Es de carácter obligatorio conocer la terminología con la cual trabajamos puesto que a la hora de capacitar al personal es importante no confundirse. Sin embargo, en el lugar donde se desarrolla el caso de estudio, se encuentra en el área rural, donde los servicios de recolección funcionan diferentes, por lo cual es importante entender la dinámica en torno al manejo de residuos sólidos en áreas rurales. |
|--|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

6.6 Descripción del territorio

A continuación, se presenta una descripción del territorio a nivel regional identificando la ubicación del municipio, demografía, vivienda, aspectos socioeconómicos y ecosistemas. Igualmente, se describe la ubicación del campamento minero de la empresa Mineros Quebrada Azul Ltda., su razón social y el organigrama.

6.6.1 Características Generales.

El Municipio de Chivor se encuentra localizado al sur-oriente del departamento de Boyacá en la región del Valle de Tenza. Cuenta con una población de aproximadamente 2.126 habitantes. Posee límites al norte con el Municipio de Macanal; al sur con el Departamento de Cundinamarca; al oriente con el Municipio de Santa María; y finalmente limita al occidente con el Municipio de Almeida. Se encuentra a una altura de 1800 m.s.n.m. y tiene un área de 108.36 Km² y se encuentra a 161 kilómetros de distancia de la capital del departamento. Este municipio está conformado por 14 veredas y cuenta con una extensión territorial de 111 Km². Chivor pertenece a la provincia de Oriente, una de las trece existentes en el Departamento; está a su vez integra a ocho Municipios, Guateque, Sutatenza, Tenza, Guayatá, Almeida, Somondoco, Chivor y la Capilla, todos localizados al oriente del Departamento de Boyacá. (Benítez, 2013)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Con todo, Benítez (2013), describe al municipio de Chivor con un clima lluvioso, alta nubosidad y por ende un ambiente fresco, el cual se determina por un régimen de lluvias de tipo mono modal que se extiende desde abril hasta noviembre, con un máximo de precipitación en el mes de junio. Adicionalmente se encuentra a una altura de 1800 m.s.n.m. y tiene un área de 108.36 Km². la temperatura del municipio varía de 16,6 grados a 19,2 grados. Actualmente Chivor forma parte de los municipios circundantes del Embalse - la Central Hidroeléctrica de Chivor, la cual es potencial hídrico de la micro cuenca del río Garagoa mediante el embalse de la Esmeralda, recibiendo los aportes directos de los ríos Garagoa y Súnuba, los afluentes de las quebradas Chivor, Gualí y la cascada del setenta.

Teniendo en cuenta que el municipio se encuentra en una zona geológica y geomorfológicamente inestable con presencia de la formación lutitas de Macanal, se presentan en las condiciones más propicias para generar fenómenos de remoción de masa, aun en zonas que muestran una adecuada cobertura vegetal, debido al exceso de humedad durante todo el año. Fisiográficamente el municipio se divide en dos zonas: una zona de topografía ondulada que corresponde a afloramientos de rocas de poca consistencia y una zona de grandes escarpes con alturas hasta de 3000 msnm, formadas por rocas resistentes. (Benítez, 2013)

6.6.2 *Viviendas urbanas y rurales*

En cuanto a la composición urbana del municipio, Benítez (2013) menciona que aproximadamente el número de viviendas urbanas es de 250 aproximadamente y están dispuestas en manzanas ortogonales, alrededor del parque principal. Un 80% de las casas están construidas en ladrillo, con tejas de Eternit, las restantes aún tienen paredes de adobe. Los materiales utilizados en los pisos son baldosín, el cemento con tintura mineral y la madera. La mayoría de construcciones nuevas son de dos plantas con buenos acabados y amplias.

Por otro lado, en el área rural se estima un total de 443 viviendas, las cuales presentan las características de las viviendas campesinas. Predominan las construcciones en ladrillo y las viviendas más antiguas tienen paredes de adobe. Los pisos son en cemento, madera burda o baldosín. En cuanto a los servicios asociados a la vivienda rural, pues los del área urbana se tratarán en el capítulo de infraestructura, se debe señalar que un 80% están dotadas del servicio de energía eléctrica. No existen acueductos veredales, por lo cual las familias se abastecen del agua de quebradas y nacimientos. La deficiencia en el abastecimiento de agua, determina la inexistencia de servicios sanitarios. (Benítez, 2013)

6.6.3 *Economía*

Dentro de los aspectos económicos se hace una revisión de la producción agrícola y pecuaria de especies menores y finalizando con una descripción de la minería de esmeraldas, todo esto relacionado con el municipio.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

6.6.3.1 Producción agrícola

Cabe destacar que la producción agrícola no representa en este municipio la principal actividad económica, pues la mayoría de la población se dedica a la minería. Por tanto, los cultivos existentes se realizan en laderas con pendientes superiores o iguales al 50%. Se practica una agricultura de subsistencia, donde la parte de la producción que se comercializa es menos del 40%. Los productos cultivados son el maíz, la yuca, la papa y el plátano en las zonas más bajas. (Benítez, 2013)

6.6.3.2 Producción pecuaria y especies menores

Adicionalmente, la producción pecuaria es relativamente baja si se considera la extensión del municipio estimada en 11.000 hectáreas, de las cuales 7.433 están ocupadas por pastos. La población bovina en 1.993, era de 6.208 cabezas de ganado, lo cual da una carga de 0.8 animales por hectárea. Se explota básicamente el ganado de carne y doble propósito, mas no para producción lechera solamente. Las razas predominantes son el Normando, el Pardo suizo y el Cebú. (Benítez, 2013)

En cuanto a las especies menores, se considera un a actividad con una baja participación en la economía campesina, puesto que su explotación se realiza en pequeña escala. En las fincas se manejan algunos cerdos y aves de corral. (Benítez, 2013)

6.6.3.3 Producción minera

Por otro lado, la minería de esmeralda constituye la principal actividad económica del municipio. Existen múltiples explotaciones mineras, manejadas por organizaciones empresariales entre las cuales se destacan la Empresa Chivoreña, Sociedad Minera San Pedro la Empresa Gautí y Ebominas La mayoría de las explotaciones se encuentran ubicadas en las veredas San Francisco, Gualí, La Jagua y La Playa. (Hernández, 1996). Entre tanto, la explotación se ha realizado mediante dos métodos: El primero a través de túnel que consiste en la perforación del suelo y el subsuelo y el segundo denominado desmorre, sistema de explotación a cielo abierto, basado en el movimiento de grandes volúmenes de tierra, alterando la topografía y el paisaje. Tradicionalmente no se efectúan obras de recuperación y mitigación ambiental y cuando la explotación se suspende se dejan abandonados altos volúmenes de material que al ser transportados por las aguas lluvias obstruyen el curso de fuentes de agua, causan represamientos y aportan grandes cantidades de sedimentos al embalse. A parte de las esmeraldas se encuentran yacimientos de cobre, cuarzo y yeso. Actualmente se explota yeso en la vereda de Alimentos, causando erosión en la rivera de la quebrada Negra. (Hernández, 1996)

6.6.4 Medio Biótico

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Se hace referencia al medio biótico a las características de las zonas de vida, el tipo de vegetación y fauna presentes en el municipio de Chivor.

6.6.4.1 Zonas de vida

El área del municipio de Chivor cuenta con una extensión aproximada de 110 Km², de los cuales más del 80 % corresponden a la zona de vida de Bosque premontano tropical húmedo; el resto del área del municipio se encuentra localizada en la zona de vida de bosque de montaña tropical húmedo y muy húmedo. (Hernández, 1996)

6.6.4.2 Tipos de vegetación

En el municipio se encuentra cubierta por bosques el 19.6% de su área total, distribuidos según el tipo así:

| Tipo de vegetación | Área Km2 | % respecto del área total mpal |
|--------------------|----------|--------------------------------|
| BN | 12.6 | 11.5 |
| BNS | 7.2 | 6.5 |
| Bc | 1.8 | 1.6 |
| TOTAL | 19.6 | 21.6 |

Figura 4. Tipo de vegetación que se encuentra en el municipio de Chivor, Boyacá. Fuente: (Hernández, 1996)

6.6.4.3 Fauna

Los pobladores reportaron la existencia de varias especies que aún sobreviven a pesar del grado de intervención de los ecosistemas. También aseguran que las poblaciones han disminuido en una gran proporción y se encuentran replegadas en el interior de los bosques. Se enumeran las siguientes:

Aves: Azulejos, pericos, búhos, lechuzas, toches, gavilucho, golondrinas, pavas, patos, suros de monte, gallinazos, jiriguelos, gorriones, canarios, codornices, jaquecos, mirlas.

Mamíferos: Tigrillo, oso frontino, runcho, tinajo, armadillo, venado, fara, liebre, comadreja, zorro, perro de monte. (Hernández, 1996)

6.6.5 Ubicación empresa mineros quebrada azul ltda

Mineros Quebrada azul se encuentra ubicada a aproximadamente 80 km al Este de la ciudad de

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ Bogotá D.C.; en la parte oriental del Departamento de Boyacá, en jurisdicción del municipio de Chivor, en las veredas de San Isidro y Gualí; su ubicación se puede ver en la figura 4.



Figura 5. Ubicación geográfica del área de la empresa. Fuente: (Galvis, C. 2010)

6.6.6 Razón social

La empresa minera “Mineros Quebrada Azul” se encuentra ubicada en Chivor, Boyacá, y está constituida por una razón social limitada y se encuentra constituida mediante escritura pública número 22155 del 01 de Julio de 2008, de la Notaria 54 del Circulo Notarial de Bogotá D.C.

Principalmente, esta empresa se centra en la exploración, explotación, beneficio y comercialización de yacimientos minerales y minerales en el país y en el exterior; así como, todas las actividades propias para el desarrollo de su objeto social.

En la tabla 3 se relacionan las personas que integran la sociedad con su respectiva distribución accionaria.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Tabla 2. Distribución accionaria de la sociedad

| MINEROS QUEBRADA AZUL LTDA | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|
| No. | SOCIO | PARTICIPACIÓN (%) | VALOR (\$) | CAPITAL |
| 1 | Shirley Patricia Umbacia Bohórquez | 25 | 25'000.000 | Nacional |
| 2 | Julio Cesar Umbacia Bohórquez | 25 | 25'000.000 | Nacional |
| 3 | Víctor Hugo Umbacia Bohórquez | 25 | 25'000.000 | Nacional |
| 4 | Carlos Arturo Umbacia Bohórquez | 25 | 30'000.000 | Nacional |
| TOTAL | | 100 | 100'000.000 | |

Fuente: (Galvis, 2010)

6.6.7 Organigrama

La sociedad Mineros Quebrada Azul Ltda. tiene como sede principal la ciudad de Bogotá D.C. pero, adelanta sus labores mineras en jurisdicción del municipio de Chivor (Boyacá), donde cuenta con instalaciones e infraestructura propia. (Galvis, 2010)

Administrativamente la empresa está constituida por los actuales accionistas de la sociedad, los cuales han nombrado la junta directiva que a su vez se encuentra constituida por 5 miembros encargados de diseñar y propender para que las políticas de la empresa se cumplan. Adicionalmente, el gerente general es quien debe desarrollar las políticas y propósitos que la empresa se ha trazado con la mayor eficiencia y la dirección de la misma.

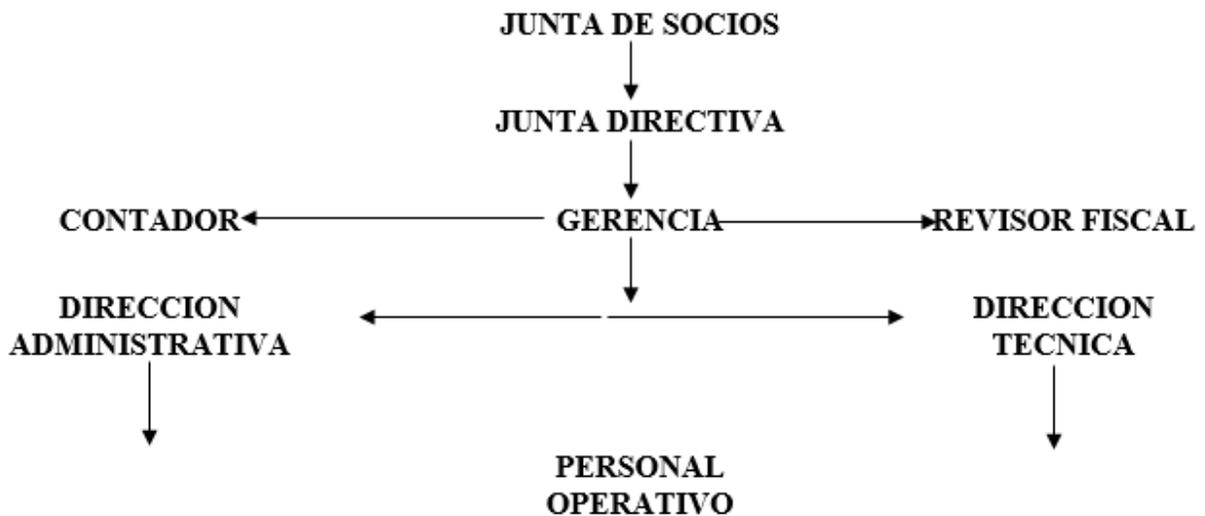


Figura 6. Organigrama de la empresa. Fuente: (Galvis, 2010)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

7. Marco metodológico

La metodología para la presente investigación se encuentra constituida en dos grandes apartados. Para empezar, se establece el diseño metodológico, donde se describen las herramientas bajo las cuales se orienta el desarrollo de la investigación. Dentro de las herramientas se encuentran el enfoque, alcance, unidad de análisis, dimensión, aspectos, variables, indicadores, técnicas e instrumentos. Las anteriores herramientas se apalancan de los referentes teóricos investigados.

Como segunda parte se presenta el plan de trabajo, en el cual se describen todas las actividades a realizar, para cumplir cada objetivo específico. Además, en este apartado se elaboran diagramas por fase y al finalizar se resume la información en una tabla.

7.1 Diseño metodológico

Para este capítulo, la información se organizó de dos formas, en primera parte se estructuró de forma general el enfoque, alcance y unidad de análisis, para toda la investigación. En segunda parte se describe la relación entre los objetivos específicos y el alcance dentro de la investigación, además se describe por medio de tablas las variables trabajadas, con sus respectivas técnicas e instrumentos. Dicho lo anterior se sintetiza la información en la siguiente figura.

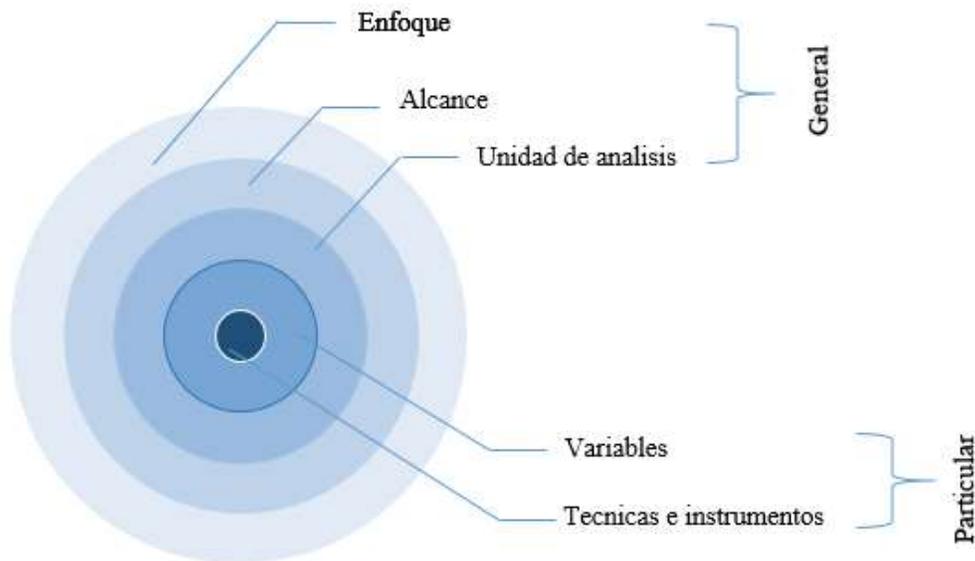


Figura 7. Radiografía del diseño metodológico. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), la investigación se define en un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un problema emergente, guiando al investigador en dirección de un enfoque a consideración. A

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

consecuencia de esto, el presente proyecto de investigación adoptó un enfoque mixto, es decir, es tanto secuencial y probatorio como de recolección y el análisis de los datos. Considerando que ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, se ha planteado un problema al que se le dará respuesta mediante el análisis y la vinculación de datos cuantitativos y cualitativos.

Debido a que el presente proyecto es una investigación mixta, se llevarán a cabo procesos tales como entrevistas profundas con el fin de analizar el conocimiento por parte de la comunidad minera de Mineros quebrada azul hacia el manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el campamento en que conviven, igualmente utilizando variables, procesos e indicadores que corroboren la información recolectada y finalmente, mediante la recolección de datos que se acerca del rendimiento de producción de biogás en el montaje de laboratorio, se procederá a determinar la relación correcta de reactivos para añadir como sustrato al biodigestor, así como la cantidad necesaria de este mismo para así garantizar el funcionamiento correcto del montaje.

Adicionalmente, este proyecto va desde lo particular a lo general, puesto que se va más allá de lo evidente, realizando la observación de la problemática de los residuos orgánicos en el campamento minero para posteriormente realizar investigaciones y experimentos metódicos que conducirá a la generalización del proyecto con la implementación del biodigestor.

Por otra parte, el alcance que se tiene en el proyecto de la implementación de un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento minero, se tienen dos alcances lo cuales son correlacional y descriptivo, descritos a continuación en base a lo explicado por Hernández Sampieri(2014).

Con relación a lo anteriormente dicho, el proyecto investigativo, presenta un alcance descriptivo dado que busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de la comunidad minera y del presente aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el campamento, sometiéndolos a un análisis preciso para su posterior dimensionamiento.

Por último se definió un alcance correlacional en el proyecto puesto que se busca dar a conocer la relaciones que este puede llegar a tener con dos o más variables, conceptos o categorías, esto explícito en dos conceptos de reutilización y eficiencia energética, como también la relación entre disminución de contaminantes y reducción de impactos ambientales en los recursos naturales del lugar, al igual que se relaciona con la mejora económica que la implementación de este proyecto trae para la comunidad minera de Mineros Quebrada azul LTDA. (Sampieri, 2014).

En concordancia con Hernández Sampieri, 2014, la unidad de análisis indica quiénes van a ser medidos, es decir, los participantes o casos a quienes en última instancia vamos a aplicar el instrumento de medición. Ahora bien, para la presente investigación la unidad de análisis es el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás,

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

considerando la necesidad de establecer el potencial de los residuos orgánicos para su posterior aprovechamiento.

- *Determinar la oferta de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.*

En este primer objetivo se demostrará el alcance descriptivo de la investigación, precisamente en la búsqueda de la oferta de residuos sólidos orgánicos en la mina Mineros Quebrada azul Ltda., así mismo esta oferta se basa en el detalle de las propiedades, características y demás que tengan los residuos, por lo cual se denota como un alcance descriptivo puesto que únicamente pretende medir o recoger información de forma independiente acerca de las propiedades que tenga la biomasa obtenida para generar el biogás, todo esto, enfocado a percibir la capacidad de describir los ángulos del contexto de los residuos orgánicos a manejar dentro de la mina.

Por tanto, el estudio no puede ser denotado como un estudio correlacional ya que no se establecerá una comparación o similitud con otros tipos de residuos o con otras formas de biomasa, por tanto, no se manejarán dos o más conceptos dentro de esta objetivo, por lo cual, el objetivo no estará sujeto a asociaciones de cuantificación o de análisis.

Por otra parte, la variable y sus respectivas técnicas e instrumentos se presenta en la siguiente tabla donde se abordó: dimensión. Variables, aspectos, indicador, técnica, instrumento.

Tabla 3. Descripción de las variables del objetivo 1

| Dimensión | Variable | Aspecto | Indicador | Técnica | Instrumento |
|------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Ecológica | Oferta | Residuos sólidos orgánicos | Cantidad de residuos sólidos orgánicos producidos Kg/día | Observación Entrevista Análisis bibliográfico Interpretación de los cálculos | Revistas científicas Fotografías Formatos de preguntas Fórmulas |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Partiendo de la información de la tabla anterior, la variable a trabajar en este objetivo específico corresponde a la oferta de residuos sólidos orgánicos disponibles en el campamento minero, la cual hace parte de la dimensión ecológica de la investigación. Agregando a lo anterior, se escogió esta variable por la necesidad de conocer la cantidad de residuos orgánicos producidos por las actividades productivas para abastecer al personal establecido y la población flotante del campamento, esto con el fin de determinar el potencial de estos residuos para la producción de biogás.

Ahora bien, la oferta de los residuos sólidos orgánicos se determina mediante el indicador de producción de residuos sólidos orgánicos producidos, expresado en unidades de peso en

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

función del tiempo. Por consiguiente, el cálculo de la cantidad de residuos orgánicos producidos por animales se estima con la siguiente formula.

$$CHD = Pd \times Ca$$

CHD: Cantidad de heces animales o humanas producidas en un día (Kg/día)

Ph: Peso de las heces producidas por animal o humano en un día (Kg/día)

Ca: Cantidad de animales o humanos

Por otro lado, las técnicas e instrumentos utilizados para determinar la cantidad de residuos en primera parte es la observación del campamento, para lo cual se utiliza como instrumento cámaras fotográficas, cuaderno de campo, con el fin de realizar un registro de los posibles lugares de producción de residuos orgánicos.

En segundo lugar, se realiza la selección de la muestra de la población del campamento minero para posteriormente realizar las entrevistas. Por este motivo la selección se establece con los criterios propuesto por Sampieri (2014), para lo cual se utilizan los procedimientos de una muestra no probabilística, en donde la selección de los sujetos a entrevistar no depende de la probabilidad, sino se establecen por criterios de la investigación, en otras palabras, esto hace referencia a la selección de sujetos particulares. En consecuencia, la muestra seleccionada es el gerente, al encargado del área de cocina y al encargado de los animales del campamento minero, ya que es el personal que conoce de manera directa la producción de residuos sólidos orgánicos. Como técnica se utiliza la entrevista, la cual es de carácter semiestructurada, ya que durante el desarrollo del ejercicio pueden surgir nuevas preguntas, en consecuencia, se utiliza como instrumentos los formularios de preguntas y la cámara de video para registrar la entrevista.

En tercera parte, se procede a utilizar las técnicas de análisis bibliográfico e interpretación de los cálculos, para los cuales se utilizan los instrumentos as bases de datos científicas, libros y la formula de oferta explicada anteriormente.

Finalmente se trabaja de forma conjunta los resultados, el análisis y su respectiva discusión en un solo capítulo, con el fin de presentar la información estructurada y organizada, así mismo facilitando la lectura de estos. Con el fin de presentar los resultados de manera organizada, los valores establecidos en los cálculos se representan en bases de datos como Excel, además de hacer tablas y gráficas como medios de apoyo para el análisis de resultados. En el caso de los resultados para la cantidad de heces de los animales en el campamento se trabaja la siguiente tabla.

Tabla 4. Descripción de Subsectores

| SUBSECTOR | TIPO | PRODUCCIÓN DE HECES POR DÍA |
|------------------|-------------|------------------------------------|
| Bovino | | |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | |
|---------|--|--|
| Porcino | | |
| Avícola | | |
| Humano | | |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Partiendo de los resultados obtenidos, se analiza y se discute la información con base a los referentes teóricos consultados en los libros, revistas científicas, artículos científicos, de este modo interpretar el potencial del campamento minero para la producción de biogás.

- *Determinar el sistema de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.*

En ese orden de ideas, los alcances que se observan dentro del proceso de investigación para la obtención de gas en la mina, tienen como base los estudios previos o estudios iniciales, dado que este da un sentido de entendimiento al tema y aborda los demás alcances a manejar en el proyecto.

Así, para el segundo objetivo se estableció un alcance descriptivo y correlacional, dado que por medio de estos se evaluó los diferentes biodigestores entorno a variables como, costos de implementación, dimensión, facilidad de montaje, mano de obra necesaria y variables físicas tales como, precipitación, temperatura, viento entre otras.

Por tales razones, este alcance lograra dimensionar con precisión los ángulos de la situación y dar una descripción clara de cada biodigestor desde cada variable, para así, lograr observar con mayor precisión cual es el más viable a implementar.

En la siguiente tabla se muestran las variables utilizadas en el segundo objetivo específico que darán solución y entendimiento a la ejecución del proyecto.

Tabla 5. Descripción variable del objetivo

| Dimensión | Variable | Aspecto | Indicador | Técnica | Instrumento |
|------------------|-----------------|----------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Económico | Costos | Implementación | Precio Materiales | Observación Análisis Bibliográfico | Base de datos Libros Revistas Científicas |
| | | | Cantidad de personal utilizados para la implementación | Análisis Bibliográfico | Base de datos Libros Revistas científicas |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | | | | |
|-----------|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| | | | Tiempo utilizado para la implementación | Análisis Bibliográfico | Base de datos Libros |
| Social | Tecnológico | Asistencia técnica | Cantidad de personas capacitadas para la manipulación | Análisis Bibliográfico | Base de datos Libros Revistas Científicas |
| Ambiental | | Temperatura | Temperatura mensual (°C) | Análisis Bibliográfico | Manejo Geoportal computador |
| | | Precipitación | Lluvia mensual (mm/mes) | Análisis Bibliográfico | Manejo Geoportal computador |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Las variables definidas en el proyecto se observan desde todos los aspectos los cuales el biodigestor va a necesitar para su puesta en marcha, específicamente aspectos económicos, sociales y físicos, todas estas evaluadas con variables que darán más claridad al tema.

Dando un enfoque más objetivo sobre cada dimensión se tiene que, la dimensión económica contara con la única variable de costo la cual se enfocara en medir la implementación del biodigestor y tendrá para su evaluación indicadores tales como, materiales, mano de obra y tiempo utilizado para su puesta en marcha, puesto que, con estos se lograra obtener el valor estimado real de la implementación de cada biodigestor y así se lograra observar cuál de los 3 biodigestor evaluados para su establecimiento dentro de la mina Mineros Quebrada Azul Ltda.; es el más apto en cuanto a manejo presupuestal, todo esto, bajo técnicas ya establecidas para su medición y análisis, las cuales servirán para dar claridad, por medio de la observación y el análisis bibliográfico, que se apoyaran de bases de datos, libros, revistas científicas, ayudando con la búsqueda de las bases teóricas de cada indicador los cuales serán el pilar para la culminación exitosa del proyecto.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Tabla 6. Tabla de evaluación de alternativas

| FACTORES AMBIENTALES | | AMBIENTAL | | | ECOLÓGICO | SOCIAL | ECONÓM. | | | TOTAL | |
|------------------------|--------------------------------------------|---------------------|------------------|-------------|---------------|--------------------------------|------------|--------------------|----------------|-------|--------|
| | | TIEMPO DE RETENCIÓN | INTENSIDAD SOLAR | TEMPERATURA | PRECIPITACIÓN | CANTIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS | TECNOLOGÍA | ASISTENCIA TÉCNICA | IMPLEMENTACIÓN | | EMPLEO |
| TIPOS DE BIODIGESTORES | | | | | | | | | | | |
| 1 | BIODIGESTOR TIPO TAIWAN (PLANTA DE GLOBO) | | | | | | | | | | |
| 2 | BIODIGESTOR FFR (PLANTA DE DOMO FLUJO) | | | | | | | | | | |
| 3 | BIODIGESTOR TIPO HINDU | | | | | | | | | | |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Igualmente, todas estas variables se apoyarán del aspecto físico, el cual dictaminara cual es el más apto a resistir las condiciones climáticas del lugar, en otras palabras, como soportara cada uno las condiciones de temperatura extrema, humedad ambiental, vientos, precipitaciones e intensidad solar, las cuales, juegan un papel importante dentro de las condiciones en las cuales se va a encontrar el biodigestor, hay que mencionar, además, que esto se lograra con el manejo de plataformas virtuales o geoportales, al igual que con el manejo de libros o bases de datos, los cuales por medio de capas mostrara las condiciones del lugar respecto al aspecto a observar. Además, de dar los parámetros principales para la colocación de los criterios de protección para su conservación

Todo esto, bajo la dimensión social que tendrá como única variable el tecnológico entorno a la asistencia técnica necesaria para que las condiciones de elaboración del biodigestor sean las más optimas, apoyándose de referencias bibliográficas las cuales declararan las patas de evaluación de cada asistente técnico al momento del acompañamiento y puesta en marcha del biodigestor.

Después de obtener la información correspondiente a las variables, esta se presenta en un solo capítulo, en el cual se trabaja en conjunto resultado, análisis y discusión de los mismos.

En la siguiente tabla se observa la tabla de evaluación con la cual se dictaminó el valor de cada uno de aspectos que ayuda a estimar la calificación de cada biodigestor dentro del proyecto.

Tabla 7. Tabla de calificación de aspectos

| |
|--------------|
| CALIFICACIÓN |
| X |
| XX |
| XXX |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Para presentar los resultados se trabajarán bases de datos como Excel, para la posterior elaboración de matrices, sirva de ejemplo la matriz de evaluación de alternativas, la cual se utiliza para representar los resultados de la comparación de los tres tipos de biodigestores con respecto a las variables trabajadas en la tabla anteriores. Con el objetivo de establecer relación entre las variables se agrupan en dimensiones, siendo de tipo física, ecológica, social y económica.

Posteriormente, el análisis de los resultados se realiza teniendo en cuenta la tabla de valores propuesta para determinar los valores de las diferentes variables trabajadas en la tabla. Para ilustrar mejor, cuando se está evaluando la variable de empleo se otorga un valor de BUENO representado por una X cuando el modelo de biodigestor no necesita demasiada mano de obra en su construcción, resultando más económico para su implementación. Sin embargo, cuando la variable de empleo es REGULAR se representa con XX, así mismo cuando es MALO se le representa por XXX. Para terminar el análisis, la información es comparada con los referentes teóricos consultados en los artículos científicos, libros y bases de datos científicas para la obtención de información de cada una de las variables.

- *Diseñar un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda.*

En el tercer objetivo establecido dentro del proyecto de investigación, se dedujo que el alcance a manejar es descriptivo y correlacional, dado que en este objetivo se da a conocer las variables que se manejan para poder lograr el montaje del biodigestor de forma óptima, además, de conocer los procesos que se realizaron para generar el diseño, por otra parte, mostrar la relación primaria entre cantidad de residuos y la dimensión del biodigestor, esto se hará, midiendo la cantidad de residuos sólidos orgánicos diarios generados en el campamento de la mina Mineros Quebrada Azul Ltda. y posteriormente la determinación de la dimensión exacta con la cual se implementa el sistema de aprovechamiento.

A continuación, por medio de la tabla, se establecerán los aspectos e indicadores a manejar dentro del tercer objetivo del proyecto de investigación.

Tabla 8. Descripción variable del objetivo

| Dimensión | Variable | Aspecto | Indicador | Técnica | Instrumento |
|------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Ecológico | Diseño de implementación | Preparación sustrato | Tamaño de la materia orgánica a ingresar (ml) | Análisis bibliográfico Interpretación de cálculos | Base de datos Libros Revistas científicas Formulas |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | | | | |
|--|--|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| | | Tiempo maduración del sustrato | Tiempo de descomposición de la materia (días) | Análisis Bibliográfico | Base de datos Libros Revistas científicas |
| | | Carga inicial | Cantidad de materia orgánica (Litros) | Análisis Bibliográfico Interpretación de cálculos | Base de datos Libros Revistas científicas Formulas |
| | | Residuos orgánicos iniciales | Cantidad de residuos orgánicos iniciales (Kg) | Análisis Bibliográfico Interpretación de cálculos | Base de datos Libros Revistas científicas Formulas |
| | | Carga Diaria | Cantidad de materia orgánica (L/día) | Análisis Bibliográfico Interpretación de cálculos | Base de datos Libros Revistas científicas Formulas |
| | | Residuos orgánicos mensuales | Cantidad de materia orgánica (Kg/mes) | Análisis Bibliográfico Interpretación de cálculos | |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Dentro de la descripción del diseño de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos se determinó como dimensión principal, la dimensión ecológica la cual determino por medio de su variable diseño de implementación los diferentes aspectos que son indispensables a la hora de medir y analizar los residuos necesarios para la puesta en marcha del biodigestor.

Así mismo, desde un ámbito más específico, la variable diseño de implementación determino como primer aspecto la preparación del sustrato el cual, como primera medida, determina los tipos de residuos a manejar, además de cuáles son los más benéficos para una descomposición rápida dentro del biodigestor, asimismo de generar un conteo sobre la cantidad de residuos en el día que se logran obtener para llenar el biodigestor, todo esto, trabajado con el método de análisis bibliográfico que determino las medidas exactas de cantidad y dimensión.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Por otra parte, el tiempo de duración de descomposición de la materia se fundamenta como factor importante, dado que se torna a la maduración del sustrato que dará correcto funcionamiento del biodigestor, esta maduración se vuelve dependiente a las condiciones climatologías del lugar, dado que se fundamenta a la proporción de que entre mayor sea la temperatura, menor serán los días de maduración del sustrato, por tanto, he igual que la técnica del aspecto anterior, se maneja técnicas de análisis bibliográfico por medio de bases de datos libros y demás, que determina las condiciones idóneas del tiempo.

Acerca de la carga inicial dentro del biodigestor, se hizo el análisis previo sobre la dimensión del biodigestor, ya que de esta forma se logra determina la relación que se tiene entre la cantidad de agua y la cantidad de residuos a llenar en el biodigestor, por ende, el manejo del indicador de cantidad de residuos sólidos orgánicos es base fundamental para ver, de forma bibliográfica, los porcentajes y dimensiones que se manejaron entorno a la implementación de biodigestor, demostrado en la siguiente ecuación :

$$CI = CTT \times VT$$

CI: Carga inicial de materia orgánica (Litros)

CTT: Capacidad total del tanque (Litros)

VT: Volumen de trabajo (%)

Después de esto y dentro de la misma dimensión ecológica manejada en el diseño de la implementación del biodigestor, se calculó la cantidad de residuos orgánicos iniciales, con base en el aspecto anterior de la relación para demostrar la cantidad de kilogramos a manejar, esto, desarrollado de forma bibliográfica, como resultado de la revisión de libros y bases de datos propios del tema.

De igual modo, se optó por dar manejo dentro de los aspectos a las cargas diarias, las cuales manejan un indicador estándar que determinan la oferta de cada uno dentro de la generación del biogás, por ende, para este aspectos, las técnicas e instrumentos manejados fueron el análisis bibliográfico de diferentes fuentes, tales como, base de datos, libros, revistas científicas entre otras, las cuales dieron respuesta a las medidas y cantidades necesaria para la realización optima del sustrato y del biodigestor, a continuación, se observa la fórmula para la obtención de la carga diaria.

$$CD = \frac{VT}{TM}$$

CD: Carga diaria de material orgánica (Litros/ día)

VT: Volumen de trabajo (Litros)

TR: Tiempo de maduración (días)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Ya, por último, dentro del estudio del aspecto del diseño, se desarrolló la búsqueda de la ecuación, la cual se identifica de forma numérica para dar el valor exacto de la cantidad de los residuos orgánicos mensuales, todo esto, encontrado en forma de revisión bibliográfica por medio de libro y bases de datos, conforme a la siguiente ecuación.

$$CRM = CRCI + (CRCD \times D)$$

- CRM: Cantidad de residuos orgánicos mensual (Kilogramos)
 CRCI: Cantidad de residuos orgánicos carga inicial (Kilogramos)
 CRCD: Cantidad de residuos orgánicos carga diaria (Kilogramos)
 D: Tiempo de alimentación diaria (días)

Por otra parte, los resultados se tendrán que presentar en la siguiente tabla de aspectos en la cual se evaluara la carga de diferentes puntos de manejo de los residuos sólidos orgánicos.

Tabla 9. Valor correspondiente a los aspectos

| ASPECTO | VALOR |
|---------------------------------------------|-------|
| Carga inicial | |
| Carga inicial de residuos sólidos orgánicos | |
| Carga diaria | |
| Carga diaria de residuos sólidos orgánicos | |
| Carga mensual de residuos sólidos orgánicos | |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En la tabla anterior se desarrollará una descripción de cada uno en cuanto al valor necesario óptimo para la generación del sustrato que se añadirá dentro del biodigestor, esto tendrá varias etapas de inicio en las cuales se evaluarán las condiciones de toda la biomasa, después, en cuestión cantidad, se observarán las cantidades diarias y mensuales que recoge el campamento minero en cuanto a los RSO para así dar con un valor claro del biogás que se puede producir.

Así mismo, se genera la tabla para la descripción de los materiales a manejar dentro del diseño de la implementación del biodigestor.

Tabla 10. Descripción material de construcción

| MATERIAL | DESCRIPCIÓN | REPRESENTACIÓN GRAFICA |
|----------|-------------|------------------------|
| | | |
| | | |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Esta Tabla tendrá los materiales necesarios para el montaje del biodigestor dentro de la mina, además, de una breve descripción de la cantidad y del tipo de material que se optó para

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

trabajar, así mismo, de una representación gráfica en el último casillero para tener conocimiento frente al material a trabajar

7.2 Plan de Trabajo

Para comenzar, la primera fase se denominó aprestamiento, debido a la necesidad de estructurar y dar un orden lógico a la investigación. Para dar cumplimiento con esta fase se propuso una serie de actividades relacionadas a la forma de planear la investigación, dentro de las cuales se encuentran el planteamiento de los objetivos, elaboración de marcos de referencia, determinación de variables, muestras dentro de la población y para finalizar elaboración de un plan de trabajo. Para sistematizar la información se planteó la siguiente figura.



Figura 8. Fase de Aprestamiento. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Dentro de la segunda fase establecida en el proyecto de investigación, se propuso el establecimiento de las fases del levantamiento de la información, en la cual se plantearon observaciones dentro del área del estudio, para poder elaborar tablas de resultados que darán la cuantificación de los residuos sólidos orgánicos y así finalmente, poder planear la culminación del proyecto.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Figura 9. Fase de Levantamiento de la información. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Para finalizar, se denominó fase de culminación a la última etapa de la investigación, en la cual se encuentran actividades de análisis, discusión de los resultados obtenidos previamente en la fase anterior, con el fin de dar una respuesta a los objetivos propuestos en la fase de aprestamiento. La finalidad de esta fase es la entrega de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para el campamento minero de la empresa Mineros Quebrada Azul Ltda.

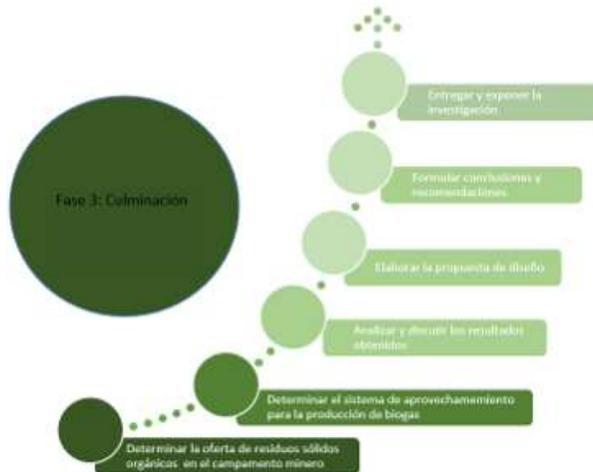


Figura 10. Fase de culminación. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En la siguiente tabla se trata de resumir la información de los objetivos que se desarrollan dentro de este proyecto, además de mostrar y asociar las actividades que se desarrollan dentro de la investigación realizada que darán solución a las problemáticas planteadas dentro del planteamiento del problema. Por esta razón, se desglosa en la siguiente tabla principalmente, el enfoque que se da dentro del proyecto de la implementación de un biodigestor dentro de la mina Mineros Quebrada Azul Ltda. y el alcance que se le dio a cada objetivo teniendo en cuenta la unidad de análisis que se le dio el proyecto, además, de los informantes o la forma como se logró la recolección de la información para la generación del diseño del proyecto.

De esta forma, se muestra los instrumentos y técnicas que darán conocimientos de la información necesaria para el montaje del proyecto.

Tabla 11. Tabla resumen de objetivos

| | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>OBJETIVO GENERAL</p> | <p>Proponer un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.</p> |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| ENFOQUE | | Enfoque mixto | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UNIDAD DE ANALISIS | | En concordancia con Hernández Sampieri, 2014, la unidad de análisis es el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás, considerando la necesidad de establecer el potencial de los residuos orgánicos para su posterior aprovechamiento. | | | | |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ALCANCE | FASE | ACTIVIDADES | METODOLOGÍA | | RESULTADO ESPERADO |
| | | | | TÉCNICA | INSTRUMENTO | |
| Determinar la oferta de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul. | En este primer objetivo se demostrará el alcance descriptivo de la investigación, precisamente en la búsqueda de la oferta de residuos sólidos orgánicos en la mina Mineros Quebrada azul Ltda. | Fase: Aprestamiento | Establecer los objetivos de trabajo Recolectar información bibliográfica Investigar referentes teóricos Determinar variables Determinar muestras Elaborar Cuestionarios | Observación Entrevista Análisis Bibliográfico Interpretación de cálculos | Revista Científica Fotografías Formato de preguntas Formulas | Identificar los tipos de residuos que se piensan manejar dentro de la oferta a trabajar para la generación del biogás en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda. |
| Determinar el sistema de aprovechamiento para los | segundo objetivo se estableció un alcance descriptivo y | Fase: aprestamiento y levantamiento | Elaborar tablas para presentar los resultados Realizar entrevistas | Observación Análisis Bibliográfico | Base de datos Revistas Científicas | Generar alternativas de solución de manejo de los residuos |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>residuos sólidos orgánicos generados en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul</p> | <p>correlacion al, dado que por medio de estos se evaluó los diferentes biodigestores entorno a variables como, costos de implementación, dimensión, facilidad de montaje, mano de obra necesaria y variables físicas tales como, precipitación, temperatura, viento entre otras.</p> | <p>de la información</p> | <p>Recolectar información bibliográfica</p> <p>Planear la culminación</p> <p>Elaboración tablas presentación de resultados</p> <p>Planear la culminación</p> <p>Cuantificar Los RSO</p> <p>Determinar el sistema de aprovechamiento para la producción de biogás</p> <p>Analizar y discutir los resultados obtenidos</p> | | <p>Manejo Geoportail</p> <p>Computador</p> | <p>sólidos orgánicos generados en la mina Mineros Quebrada azul Ltda. Pretendiendo evaluar diferentes modelos de biodigestores</p> |
| <p>Diseñar un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos</p> | <p>En el tercer objetivo establecido dentro del proyecto de investigación, se dedujo que el alcance a</p> | <p>Fase: Levantamiento de información y culminación</p> | <p>Evaluación en los reportes de calidad</p> <p>Observar el área de trabajo</p> | <p>Análisis Bibliográfico</p> <p>Interpretación de cálculos</p> | <p>Base de datos</p> <p>Libros</p> <p>Revistas Cientificas</p> <p>Formulas</p> | <p>Conocer las pautas necesarias para conocer los materiales que se necesitan para la implement</p> |

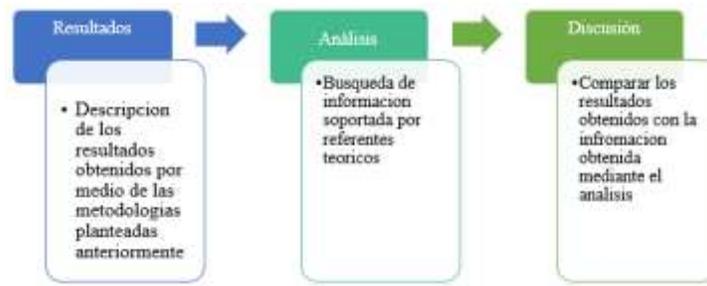
PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>para la producción de biogás en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda.</p> | <p>manejar es descriptivo y correlacional, dado que en este objetivo se da a conocer las variables que se manejar para poder lograr el montaje del biodigestor de forma óptima,</p> | | <p>Tomar fotografías del área</p> <p>Determinar la oferta de los residuos sólidos orgánicos en el campamento minero</p> <p>Elaborar la propuesta de diseño</p> <p>Formular conclusiones y recomendaciones</p> | | <p>acción del biodigestor, además, de las especificaciones y sus medidas acorde a los residuos a trabajar</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

8. Resultados, análisis y discusión

En el presente capítulo se trabaja por separado cada uno de los objetivos específicos propuestos para el desarrollo de la propuesta en curso, por tal motivo cada objetivo contara con su respectivo resultado representado por medio de tablas e imágenes. Seguidamente el análisis, comprende toda búsqueda de información de referentes teóricos que soporten los resultados obtenidos anteriormente. A continuación, la etapa de discusión refleja la comparación de los resultados y la información encontrada con el fin de dar respuesta a los indicadores propuestos en el marco metodológico. Para finalizar se presenta a modo de resumen el siguiente diagrama.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Figura 11. Diagrama resultados, análisis y discusión. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

8.1 Determinar la oferta de los residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.

En cuanto al desarrollo de este primer objetivo se divide en dos partes, la primera evidencia el resultado obtenido a partir de la entrevista semiestructurada realizada al señor Mauro Martín gerente de la empresa Mineros Quebrada Azul, al encargado de los cuidados de los distintos animales y las huertas en el campamento, esto con el fin de determinar las fuentes de producción de residuos sólidos orgánicos. En segunda instancia, los resultados, análisis y discusión se realizan para determinar la viabilidad de los residuos sólidos orgánicos encontrados en la primera parte, para su uso posterior en el sistema de aprovechamiento con fines de producción de biogás.

Tabla 12. Cantidad de individuos encontrados en cada subsector de producción de residuos sólidos orgánicos

| Subsector de producción de residuos sólidos orgánicos | Cantidad de individuos |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Ganado bovino | 21 |
| Ganado porcino | 2 |
| Avícola | 20 |
| Agricultura | Aproximadamente 250 a 300 |
| Trabajadores de la mina | 7 |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En la tabla 13, se consignaron las cantidades de individuos animales, cultivos y trabajadores que se encontraron en el campamento de Mineros Quebrada Azul, encontrando que la cantidad de bovinos y aves supera la cantidad de cerdos que se mantienen en el campamento. También, se puede evidenciar una gran cantidad de cultivos de palma de azúcar, donde se reportaron entre 250 y 300 ejemplares.

Debido a que el campamento minero pertenece a una mina de esmeraldas, donde la explotación se hace subterránea, se cuentan con 7 trabajadores; lo cuales hacen uso de las instalaciones como el comedor, y los baños.

Partiendo de los resultados anteriormente expuestos se ven representados en la figura 11.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

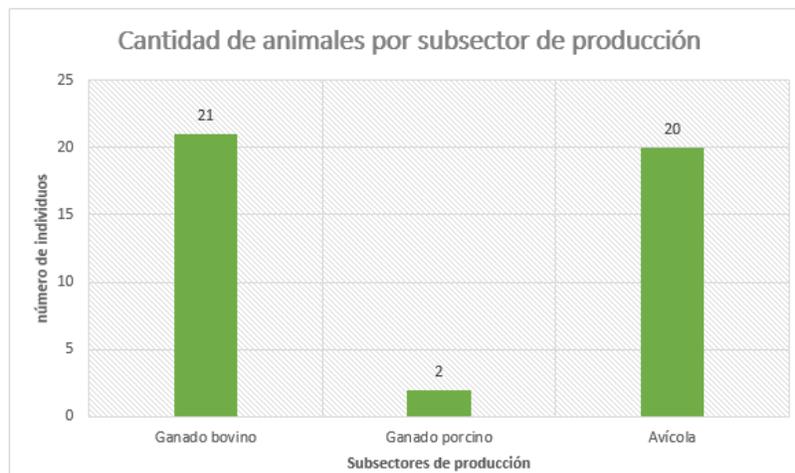


Figura 12. Cantidad de animales por subsector de producción. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En concordancia con los resultados obtenidos y debido a que se presenta mayor cantidad de bovinos en comparación con el ganado porcino y avícola es posible afirmar que en Colombia la ganadería es considerada como una de las actividades agropecuarias más importantes del país, debido al 20 % del PIB que representa dentro del sector agropecuario y el 53 % del PIB dentro del sector pecuario. Así mismo, se hace relevante mencionar que a la cadena productiva de la carne bovina la conforman diversos actores, principalmente se encuentran los proveedores de insumos (como por ejemplo los animales en pie, alimentos, sales, semillas, mejoradores, medicamentos y vacunas, maquinaria), seguidamente están los productores primarios como los ganaderos, después toman lugar los comercializadores de ganado en pie que participan en subastas o aquellos que son comisionistas; a este grupo le siguen las plantas de beneficio (públicas y privadas), ya terminando se destaca la participación de los distribuidores mayoristas (donde se clasifican las carnicerías especializadas, comerciantes y colocadores mayoristas), la industria procesadora de alimentos, los distribuidores minoristas de carne (famas, tiendas, supermercados) y finalmente están los consumidores finales que son los restaurantes y hogares. En consecuencia, el sector ganadero se desarrolla en el país como una actividad extensiva y prácticamente hay una separación total entre la producción de carne y su posterior procesamiento para la venta y consumo final. (Lobatón, 2017)

Adicionalmente, Galvis (2000) en su trabajo titulado “La demanda de carnes en Colombia: Un análisis econométrico” destaca que la participación del gasto en carne de cerdo durante las décadas de los 50s y 60s tuvo una variación de alrededor un 11%, pero, conservando las proporciones, experimentó una caída similar a la de la carne de res. En este sentido, su participación en el gasto total en carnes en 1998 se redujo al 6.5%. Por lo tanto, a partir de lo anteriormente expuesto, el autor analiza el comportamiento del sector avícola, resaltando el despegue que éste experimentó especialmente desde la década del 70, significó el menoscabo

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

del posicionamiento que conservaron desde 1950 y durante las dos décadas siguientes, las carnes de res y de cerdo, siendo representado en el siguiente gráfico.

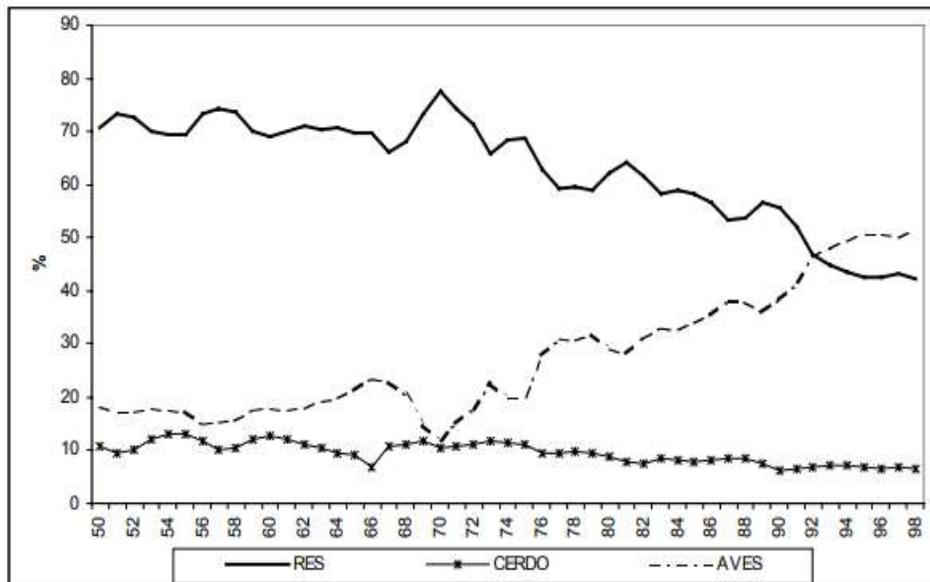


Figura 13. Participación de las carnes de res, aves y cerdo en el mercado colombiano de cárnicos, respecto al valor real del consumo a precios de 1975, 1950-1998. Fuente: (Galvis, 2000)

En relación a lo anteriormente demostrado, Galvis (2000) señala que, en el sector avícola, se ha intensificado la actividad productiva, debido a que se aumenta la capacidad de carga en los galpones; también se ha reducido el tiempo de duración de levante y engorde, haciendo que este sea independiente de la duración de largos ciclos como los que experimenta el ganado bovino y porcino.

En otra instancia, Fonseca, Mansalva y Patiño (2011), afirman que, en el sector rural del departamento de Boyacá, muchas de las familias recurren a la cría de bovinos para obtener de esta actividad ingresos suficientes y recursos para satisfacer sus necesidades básicas. Así también, la porcicultura es otra de las actividades pecuarias que se encuentran en las diferentes veredas del municipio, la mayoría de las familias cuentan con algún ejemplar que lo llevan a la plaza de mercado cuando este haya crecido. Además, las especies animales que más predominan dentro de las unidades productivas campesinas son las aves (pollos y gallinas), bovinos, conejos y cerdos respectivamente, de los cuales se consumen en mayor medida la carne (conejos y pollos), leche y huevos, y se venden los bovinos para obtener ingresos económicos esporádicos.

A su vez, Rico y Daza (2010), concluyen que la porcicultura es la segunda de las actividades pecuarias que, a nivel del valle de Tenza-Boyacá, es de trascendencia para las familias que de una a otra forma derivan sus ingresos del sector agropecuario. Una familia campesina

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

tiene entre uno o dos animales en cada parcela y aunque no son manejados técnicamente, si representan un ingreso para ellos al ser alimentados con desperdicios de la finca, pero sin una alimentación balanceada. De la misma manera existen explotaciones parciales con técnicas apropiadas de manejo, pero a nivel de Empresa o a menor escala (10 a 20) Pero dentro de este tipo de explotación es importante mencionar el nivel de contaminación que se está generando al ser llevadas las excretas y demás desperdicios a quebradas y de estas a los ríos.

En cuanto a la agricultura colombiana, la panela en Colombia corresponde a una importante parte de la producción agropecuaria nacional, como consecuencia de su participación en la producción, empleo y área utilizada en caña panelera, ya que para el año 2008 la caña contó con una participación del 9.7% en el área destinada a cultivos permanentes y del 5.7% en el área total cultivada en Colombia, a su vez, se ubica en el quinto lugar entre los cultivos del país, solamente superado por café, maíz, arroz y plátano. (Ramírez, Burbano, & Viveros, 2014)

De manera que, Orjuela, Huertas, Figueroa, Kalenatic y Kadena, (2011), afirman que en Colombia para el 2009 se presenciaron, aproximadamente 194.021 hectáreas de tierras dedicadas al cultivo de la caña panelera, la cuales se encuentran dispersas en las regiones del país, en alturas comprendidas entre el nivel del mar y los 2.000 metros. Adicional a esto, durante el año 2009, también se estima que la producción de caña panelera se produjo en 24 de los departamentos de Colombia, produciendo un aumento en la tasa de producción de 0,7 % anual, mientras el área disminuyó a 0,2%, con un crecimiento en cuanto al rendimiento de 0,9% promedio anual. Como resultado la producción de caña panelera para este año se concentró básicamente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander y Antioquia con el 60,34% del total producido. Resaltando que en la región Andina y en los Valles Interandinos, se concentra el cultivo y el mayor número de productores aportando más del 90% de la producción. Del mismo modo Murcia-Pardo & Ramirez-Durán (2017) citan que “según Fedepanela en el año 2012, el departamento de Cundinamarca ocupa el primer lugar en área cultivada, con 40.476 ha (22,76%), seguido por Antioquia, con 31.814 ha (17,88%), luego Santander con 29.505 (16,59%) y por último Boyacá con 14.000 ha (7,82%)”. En cuanto al rendimiento, es decir, la cantidad de toneladas de panela producidas por hectárea de caña anual, se encuentra en primer lugar Santander, seguido por Boyacá, Valle del Cauca, Huila y Nariño. Los mayores rendimientos se alcanzan en la región de la hoya del río Suárez (Santander y Boyacá).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

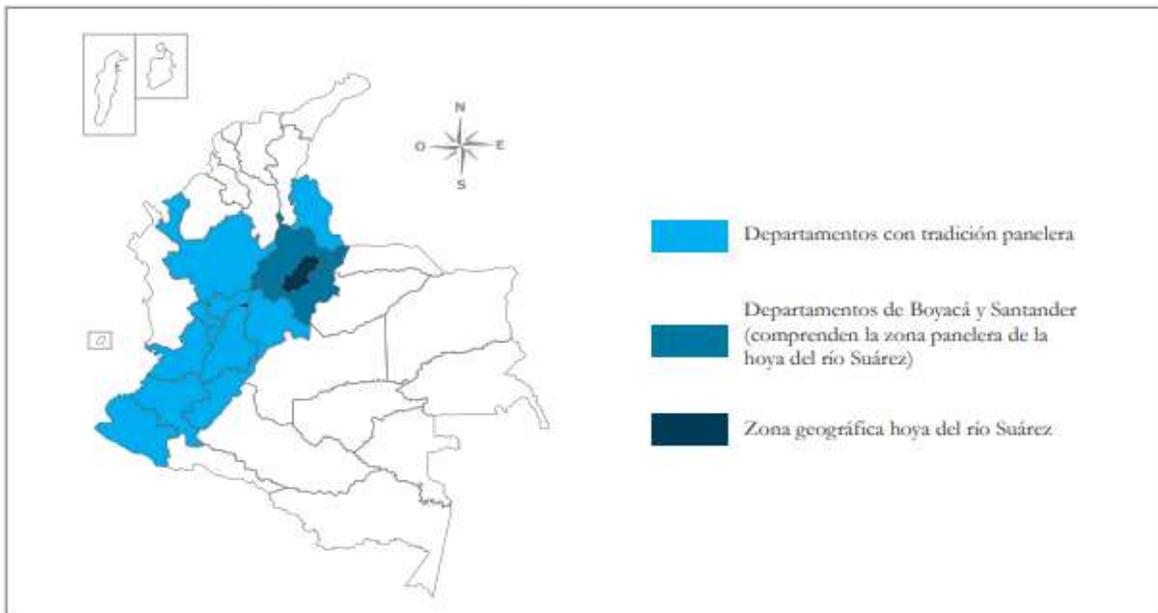


Figura 14. Principales departamentos productores de panela en Colombia. Fuente: (Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2017)

De igual forma, Güiza, en el 2013, destaca que la minería en Colombia, para este tiempo aún es muy incipiente y que además se lleva a cabo principalmente en pequeña escala. De acuerdo con el censo minero, los departamentos con mayor número de minas en pequeña escala son Boyacá (2.024 minas), Antioquia (1.395 minas), Bolívar (954 minas), Cundinamarca (764 minas) y Magdalena (505 minas).

La siguiente figura nos muestra con mayor detalle la proporción de la pequeña minería frente a las demás escalas de producción minera:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

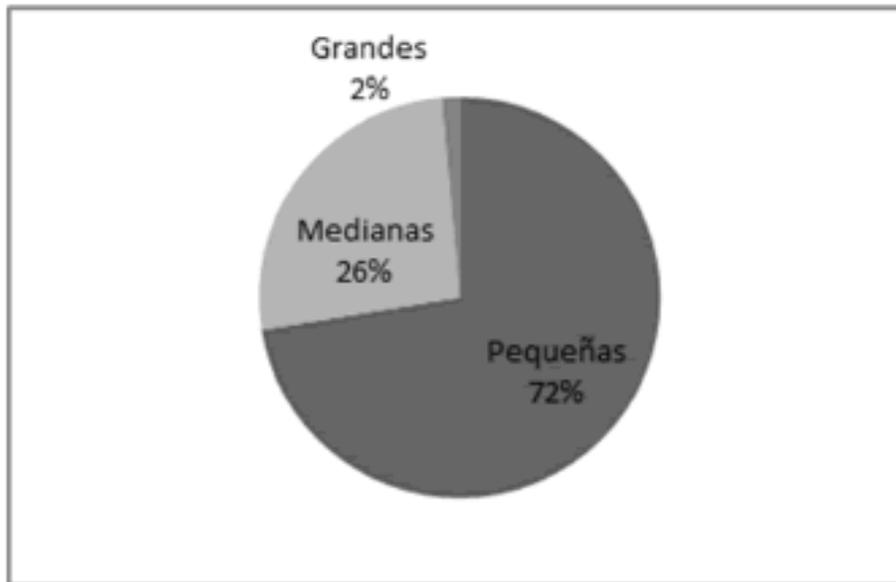


Figura 15. Porcentaje de unidades de explotación minera discriminado por escalas de producción. Fuente: (Güiza, 2013).

De acuerdo con la información que Güiza(2013), proporciona, es posible conceptualizar que la minería en pequeña escala comúnmente se lleva a cabo en aras de subsistir a partir de una operación laboral basada en la utilización intensiva de mano de obra y en algunos casos, con máquinas y herramientas simples, portátiles y rudimentarias. Resultado de esto, esta actividad económica se torna una importante fuente de generación de empleo y de beneficios colaterales productivos principalmente en las zonas rurales más apartadas y con mayores índices de necesidades básicas insatisfechas. Por lo tanto, de 141.887 empleos que genera la minería en Colombia, las minas sin título minero emplean 74.906 personas, lo que indica que el 53% del empleo que provee la minería en Colombia tiene su fuente en la minería ilegal, ocasionando graves daños al medio ambiente. Cabe señalar que en la pequeña minería ilegal en promedio trabajan 3 personas en cada unidad de explotación minera y devengan 1,2 salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Adicionalmente el Ministerio de Minas y Energía en el 2015, afirma que la minería a pequeña escala, produce un volumen hasta 29.000 toneladas de carbón, lo que lleva a una inversión de hasta 16 millones de pesos, brindando mayormente empleo hasta a 8 trabajadores.

En base a los resultados obtenidos, es posible decir que en el campamento minero MQA, la producción de ganadería bovina y la producción avícola, son más relevantes en comparación con la producción porcina, la cual se da en menor escala en la región corroborando lo dicho por Fonseca, Manosalva y Patiño (2011), quienes afirman que “las familias boyacenses poseen por lo menos 1 o 2 ejemplares de cerdos”. En concordancia con lo planteado anteriormente por Lobatón (2017) la producción ganadera en el país es pilar en la economía así como una actividad tradicional y en la que se tiene experiencia; al igual que la explotación

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

de carne de pollo ya que se ha dado primordialmente de forma artesanal, con presencia tecnificada en la ciudad de Duitama con la empresa pollos el dorado haciendo uso de estas carnes para su consumo en platos tradicionales por hogares, restaurantes y asaderos entre otros, como recalca Avella, en el 2014. Por lo que, la crianza de pollos y vacas se hace más económica y saludable para el personal de la mina. Esto debido a las preferencias en el consumo de carne de vaca y de pollo, al igual que influyen las tradiciones culturales propias de la región de Valle de Tenza.

Adicionalmente se encontraron entre 250 y 300 ejemplares de caña panelera en el predio que comprende el campamento minero, esto es resultado de la tradición económica que este cultivo representa en la región, al igual que la facilidad de preparación y preferencias gastronómicas. Basados en la teoría de Murcia-Pardo y Ramírez-Durán (2017), la caña de azúcar es cultivada en 474.559 hectáreas, de las cuales 218.000 están dedicadas a la producción de azúcar y etanol y 266.559 a la producción de panela (azúcar no centrifugada) a nivel nacional, destacando el departamento de Boyacá como el segundo en rendimiento de producción de este tipo de cultivo con aproximadamente 14.000 ha. En relación con la producción nacional y departamental, el cultivo de caña que presenta Mineros Quebrada Azul es relativamente pequeño, siendo su uso exclusivo el de autoconsumo, produciendo cerca de 120 panelas, con las que se da alimento a los operarios de la mina, garantizando calidad en la comida que se les brinda por medio de un proceso y cultivo saludable.

Mineros Quebrada Azul Ltda., es una empresa minera a pequeña escala dedicada a la extracción de esmeraldas, donde se hace una explotación subterránea discontinua, utilizando para el arranque del material medios mecánicos (martillos neumáticos o eléctricos) y explosivos; el material rocoso (estéril) previamente arrancado se carga en vagonetas o carros tierreros con palas y es empujado por un acarreador (obrero) hasta la boca túnel y se acumula en el sitio asignado, donde se forma una escombrera por vertimiento libre; con el tiempo este material se recogerá y se trasladará en volquetas a sectores de los accesos externos o internos que lo requieran para su mantenimiento o se utilizará para la conformación de bolsa-concreto, para el control de la erosión de taludes o de las márgenes de la quebrada Gualí en el área del proyecto. Para llevar a cabo todas estas acciones, el administrador de la empresa, comenta que en época de alta producción se emplean hasta 30 hombres, sin embargo, en época de poca producción únicamente se hacen necesarios 7 empleados, como igualmente concluye el Ministerio de Minas y Energía.

8.1.1 *Ganadería bovina*

En La tabla 13, se presenta los valores de la cantidad de estiércol generado por los diferentes tipos de bovinos desde los 12 meses a los 36 meses de edad, todo esto a partir de 2 razas de reses (Normando y Cebú), ejemplares que se pueden apreciar en la figura 16, donde se muestra una porción del ganado bovino que posee el campamento minero de Mineros Quebrada Azul.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ



Figura 16. Ganado Bovino en el campamento minero de MQA. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Tabla 13: Caracterización de ganado bovino existente en MQA

| Subsector | Raza | Tipo | Número de individuos | Cantidad de estiércol (Kg/animal/día) |
|------------------|-----------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|
| Ganadería bovina | Normando y cebú | Machos y hembras menores a 12 meses (Ternero) | 6 | 120 |
| | | Machos y hembras de 12 a 24 meses (Pequeño) | 2 | 16 |
| | | Machos y hembras de 24 a 36 meses (Mediano) | 10 | 100 |
| | | Machos y hembras mayores a 36 meses (Grande) | 3 | 45 |
| Total | | | 281 | |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En lo que respecta al sector económico de la ganadería en Colombia, Cruz, Rodríguez, Benavides & Clavijo (2013), afirman que se estimó la existencia de 1,3 millones de ejemplares, relacionados con la raza Normando, puros destinados a la producción de leche,

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

o cruzados (principalmente con animales cebú), destinados a la producción de carne, siendo la raza más apreciada por los pequeños productores en las zonas alto andinas. Aproximadamente hay 20 000 vacas registradas en la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Normando (Aso normando) de las cuales alrededor de 5000 se encuentran en control lechero. Se reportó que la productividad de la raza Normando fue de 5,1 litros/vaca/día, produciendo el 6,1 % de 3,3 millones de litros de leche diarios, provenientes de animales tipo Taurus en Colombia.

Adicional a esto, Martínez (2014) en el periódico La Republica, menciona que la capacidad de adaptación que tienen estos bovinos, demostrada desde que llegaron al país en 1.877, le han permitido estar en lugares por encima de los 1.800 metros sobre el nivel del mar hasta los 4.200, resistiendo así climas fríos, cálidos, húmedos y secos. En Colombia hay cerca de 1,3 millones de cabezas que se explotan como raza lechera, raza mixta, pura o en cruzamiento con Cebú para la producción de carne, razones que la hacen atractivas como negocio. “Esta raza se ha convertido en una alternativa diferente para los sistemas de producción que van encaminados hacia el doble propósito y que ha ayudado a que se aumente la productividad de las pequeñas y medianas explotaciones”, sostiene Andrés Benavides Martínez, médico veterinario de la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Normando, Aso-normando.

De acuerdo con la asociación ASOCEBU (2018), la raza Cebú es más popular entre los países del trópico en los cuales se han realizado cruces de animales *Bos indicus* con animales criollos o *Bos taurus*. Algunas de las razas más representativas de esta especie son: Brahman, Gyr, Guzerá, Nelore, Indubrasil. Se trata de un mamífero rumiante grande y de cuerpo robusto, con unos 120-150 cm de altura y 600-900 kg de peso medio, domesticado desde hace unos 10.000 años en el Oriente Medio. Colombia cuenta con cerca de 40 millones de hectáreas dedicadas a la actividad ganadera, de las cuales más de un 60% están ubicadas en altitudes menores a los 1000 metros sobre el nivel del mar y a temperaturas que oscilan entre los 23°C y los 32°C. De los más de 26'000.000 cabezas que constituyen el hato nacional, según datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria, por lo menos el 95% es cebú o tiene genética cebuina.

También la asociación resalta que las razas cebuina tienen el privilegio de ser una fuente inagotable de producción de carne y leche en el trópico. Alrededor del 70% de la leche y el 90% de la carne en Colombia se produce en tierras cálidas con vacadas cebú de las razas Brahman, Nelore, Gyr y Guzerá, las cuales se complementan con cruzamientos con razas especializadas en leche, carne o doble propósito.

Por tanto, Andrés Benavides (Veterinario de la Asociación Colombiana de Criadores de Ganado Normando, ASONORMANDO) asegura en la gaceta informativa de La Republica para Martínez (2014), que las ganancias de peso promedio pre-destete, alcanzan en el normando con Cebú 578 gramos por día y en el post-destete, el cruce llega a los 435 gramos.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Así mismo, la cantidad de excretas producidas por cabeza varía dependiendo del tamaño, sin embargo, el tiempo de estancia de los animales en el corral impacta directamente en la cantidad que se puede aprovechar de ellas. Para el ganado vacuno, el tiempo de estancia es de doce horas por día aproximadamente, lo cual implica que solo 50% de las excretas se puede recuperar. (Vera-Romero, Martinez-Reyes, Estrada-Jaramillo, Ortiz-Soriano, 2014). En MQA, se encuentra en mayor cantidad ejemplares de mediano tamaño y edad seguidos de los terneros, siendo estos los que más producción de estiércol genera, debido a su alimentación y su duración pastando.

Tabla 14. Concentración media de algunos parámetros de excretas de bovino

| PARÁMETROS | CONCENTRACIÓN |
|---------------------|----------------------|
| <i>Materia seca</i> | 7,00% |
| <i>DBO5</i> | 15.0 mg/l |
| <i>DQO</i> | 60.0 mg/l |
| <i>NTK</i> | 4.50 mg/l |
| <i>Fósforo</i> | 1.70 mg/l |
| <i>Potasio</i> | 5.80 mg/l |

Fuente: (Bolívar & Ramírez, 2012)

De acuerdo con la información proporcionada por la Tabla 14, las excretas bovinas poseen un 7 % de materia orgánica seca, al igual que una DBO5 de 15.0 mg/l, garantizando así una rápida descomposición anaerobia y por ende una producción considerable de biogás (Bolívar & Ramírez, 2012).

Se entiende que la presencia de nutrientes como carbono, nitrógeno y azufre, así como algunos elementos traza, promueve el desarrollo de las comunidades microbianas encargadas de la producción de biogás. De tal manera que la relación carbono-nitrógeno debe estar en una proporción de entre 20 y 30 partes del primer elemento por cada parte del segundo. Si la proporción de nitrógeno es excesiva, se produce amonio durante la degradación anaeróbica de urea o proteínas, contribuyendo significativamente a la disminución en la producción de biogás. El amonio libre puede inhibir la fermentación anaeróbica y tóxico para las bacterias metanogénicas. (Bolívar & Ramírez, 2012).

En cuanto la proporción carbono – nitrógeno presente, Montenegro, Rojas, Cabeza & Hernández, (2016), afirman que en excretas bovinas es 20:1, representando así que la bacteria encargada del proceso anaerobio utiliza el carbono más rápido que el nitrógeno; cabe resaltar como se había dicho anteriormente que este parámetro no debe exceder la relación 30:1 ya que el nitrógeno se eliminaría antes que el carbono y esto podría ser fatal para las bacterias. Lo que marca la pauta para establecer que el proceso de fermentación ha finalizado es cuando se ha consumido todo el carbono. En cuanto a la presencia de proteínas, los autores afirman que se pueden encontrar en un porcentaje de 17% siendo este muy alto para la producción de

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

biogás debido a la difícil biodegradación de material orgánico por alta presencia de proteínas; también se encuentra un 5,71% de ST/SV, porcentaje beneficiosos para el proceso de producción de metano debido a la disponibilidad de materia biodegradable.

También, cabe resaltar que, en el campamento minero MQA, cada 6 meses se vacuna el ganado contra la fiebre aftosa mediante empleados la UMATA, todo esto, teniendo en cuenta que la fiebre aftosa es una enfermedad de notificación obligatoria a las autoridades sanitarias y está catalogada como una enfermedad que restringe la posibilidad del comercio internacional de animales, genética, carne y leche y por tanto el consumo de estos. Así mismo, se utiliza una vacuna oleosa concentrada, avalada por el ICA, que posee una composición bivalente de virus de la fiebre aftosa, elaborada con los tipos A y O, subtipos A24 cruzeiro y O, campos cultivados en células de riñón de hámster lactante (BHK) en suspensión y monoestrato, inactivados químicamente y emulsionados en adyuvante oleoso; esta vacuna debida a su composición tiende a presentarse en las excretas partículas de sus compuestos, influyendo de manera no muy significativa en el proceso de producción de biogás.

8.1.2 Ganadería porcina

En cuanto a la proporción de ganado porcino existente en el campamento minero, el cual se puede apreciar en la figura 17, se realiza la table 15, donde se describe la cantidad de cerdo criollo curí y su producción de estiércol, donde se presentan únicamente dos cerdos de cría, los cuales generan 4 kg/animal*día.



Figura 17. Porcinos existentes en el campamento minero de MQA. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Tabla 15. Caracterización de porcinos existentes en MQA

| Subsector | Raza | Tipo | Número de individuos | Cantidad de estiércol (Kg/animal/día) |
|----------------|--------------|----------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Ganado porcino | Criollo curí | Cría | 2 | 4 |
| | | Levante | 0 | 0 |
| | | Ciclo completo | 0 | 0 |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

A partir de la visita realizada al campamento minero MQA, se registraron 2 ejemplares de la raza criolla curí, la cual, de acuerdo con Espinosa & Ly (2015), es muy semejante al Congo, es el cerdo del Territorio Vásquez en Boyacá; también es descrito como un marrano rústico, con formas muy finas, cilíndrico, con cuerpo y patas más largas que las del congo, con perfil recto y cabeza mediana terminada en trompa aguda. Tiene un color similar al del Hampshire, pero mucho más pequeño (35-40 Kg. en estado adulto); es un cerdo con más tendencia a la producción de carne que otras variedades criollas conocidas.

Además, se describe la fase del levante de porcinos, la cual inicia con la entrada a la porqueriza de lechones de 22 a 25 kilos de peso y una edad de 63 días. Por otro lado, el primer paso que se debe adelantar es el pesaje, la organización de lotes por tamaño y condiciones corporales similares, con el fin de contar con grupos de animales homogéneos. De igual forma, se realiza la segunda jornada de desparasitación, con el suministro de un vermífugo o purgante, así como se ponen en práctica las demás medidas sanitarias recomendadas, para el logro de una buena sanidad animal (DANE. 2013).

Adicionalmente, se explica que la dieta en esta etapa demanda un alimento rico en energía con 6% de lípidos o grasas, 50% de carbohidratos y 6% de fibra, así como 1,5 a 2 gramos de calcio y fósforo por cada 100 gramos de aumento de peso, 2 a 5 gramos de sal por cada 100 kilos de peso vivo y vitamina A, de gran importancia para favorecer un buen desarrollo de los animales. Esta etapa de levante concluye a los 112 días de edad, cuando los cerdos han alcanzado un peso vivo de 60 kilogramos (DANE. 2013).

Tabla 16. Concentración media e algunos parámetros de los purines de cerdo

| PARÁMETRO | CONCENTRACIÓN |
|------------------|----------------|
| Materia seca | 5-7% |
| DBO ₅ | 15.0-25.0 mg/l |
| DQO | 35.0-60.0mg/l |
| N amoniacal | 3.0-5.0 mg/l |
| Sodio | 1.0-2.0 mg/l |
| Fósforo | 1.0-3.0 mg/l |

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| | |
|---------------|-------------|
| <i>Cobre</i> | 20-40 mg/l |
| <i>Zinc</i> | 20-40 mg/l |
| <i>Hierro</i> | 50-150 mg/l |

Fuente: (Bolívar & Ramírez, 2012)

Entonces de acuerdo con la tabla 16, Bolívar & Ramírez (2012), exponen que las excretas de porcino presentan una DBO₅ de 15.0 – 25.0 mg/l, dando a entender que este valor es la cantidad necesaria de oxígeno para la descomposición de sustancias orgánicas, a través de microbios aeróbicos, y la DQO 35.0 – 60.0 mg/l, el cual indica la eficiencia en el sistema que se quiere implementar, este valor indica que se encuentra un alto contenido de materia orgánica, el cual requiere ser tratado, es decir, que se espera que este parámetro en el efluente sea menor.

De acuerdo con Giraldo (2003), del total de nitrógeno presente en la excreta de cerdos, el 60% está en forma mineral, el 20% en una forma rápidamente mineralizable y el 20% restante en forma lentamente mineralizable.

Esta diferencia en disponibilidad del nitrógeno y demás minerales puede tener efectos importantes sobre el nivel de producción del cultivo especialmente cuando se inician los programas de fertilización con excreta; ya que en los primeros años el nitrógeno orgánico no es disponible desde la primera aplicación, sino que él se va haciendo lentamente disponible; para el segundo y tercer año, se hará disponible el nitrógeno orgánico del año uno, y por ello, en el largo plazo, la situación se estabiliza y sólo en caso de cosechas de fertilización muy exactamente calculada vale la pena tener en cuenta esta situación. Así mismo, la fracción encontrada de fósforo en forma mineral en la excreta de bovinos, cerdos, aves de corral y fosfato bicálcico es 78%, 82%, 60%, y 100%, respectivamente (Giraldo, 2003).

La relación carbón-nitrógeno que se presentan en la excreta porcina, de acuerdo con Montenegro, Rojas, Cabeza, Hernández (2016) es de 20:1, teniendo en cuenta que la relación carbono-nitrógeno debe estar en una proporción de entre 20 y 30 partes del primer elemento por cada parte del segundo, esta se encuentra en condiciones perfectas para la generación de biogás en biodigestión anaerobia. Los autores también señalan un porcentaje de proteínas del 13,2% siendo significativo para la interrupción y ralentización en la biodegradación de la materia orgánica afectando la producción de biogás; por otro lado, el porcentaje de ST/SV es

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

de 6,54%, lo que contribuye una significativa disponibilidad de materia biodegradable para la producción de metano.

8.1.3 Avícola

La tabla 17, contiene los resultados obtenidos de la caracterización de la producción avícola presente en el campamento minero, arrojando que los pollos y gallinas son de tipo traspatio produciendo 3,4 Kg/animal*día. De igual manera, en la figura 18, se puede apreciar una proporción de la cantidad de gallinas y las condiciones del galpón en el que habitan en el campamento minero de MQA.



Figura 18. Aves presentes en el campamento minero de MQA. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Tabla 17. Caracterización del subsector avícola presente en el campamento minero de MQA

| Subsector | Tipo | Número de individuos | Cantidad de excremento (Kg/animal/día) |
|-----------|-----------|----------------------|----------------------------------------|
| Avícola | Engorde | 0 | 0 |
| | Traspatio | 20 | 3,4 |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Entre las especies animales domésticas de fácil manejo se encuentran la cría de aves traspatio, las cuales Zapata, Franco, Marcano & Merlo (2013), afirman que se realiza a nivel familiar en el patio de la casa, bien sea en corrales, gallineros, galpones o al aire libre, con el fin de producir huevos y carne, productos de interés alimenticio para la población. Utilizando pocos

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

recursos y con material de su zona se puede desarrollar la cría de gallinas en los patios, actividad en que todo pequeño productor pecuario y a escala familiar puede incursionar.

Los autores, también indican que la cantidad y características de la gallinaza dependen de la especie, la edad, la dieta y la salud de las aves, así como de las prácticas de gestión agrícola. Las estimaciones de heces excretadas por 1 000 aves al día (basadas en el promedio de peso diario vivo durante el ciclo de producción de las aves) se sitúan en torno a 120 kg para las gallinas ponedoras, 80 kg para los pollos de carne, entre 200 y 350 kg para los pavos (hembras en fase de crecimiento y machos pesados en fase de crecimiento, respectivamente), y 150 kg para los patos (Zapata, Franco, Marciano, & Merlo, 2013).

| | Nitrógeno | Fósforo (como pentóxido de fósforo) | Cobre | Zinc |
|---------------------------------|-----------|-------------------------------------------|-------|------|
| Gallinaza de gallinas ponedoras | 13,5 | 10,5 | 0,01 | 0,07 |
| Gallinaza de pollos para carne | 13,0 | 8,0 | 0,01 | 0,04 |
| Cama de pollos de engorde | 35,5 | 34,5 | 0,26 | 0,36 |

Figura 19. Estimaciones sobre los contenidos de nutrientes de la gallinaza y las camas procedentes de gallinas y pollos (Kg/Ton de heces excretada). Fuente: (Williams,2013)

La figura 19, muestra las estimaciones sobre algunos nutrientes del estiércol de importancia ambiental, que pueden variar en función de la composición de los ingredientes de la alimentación de las aves, especialmente si las aves se alimentan total o parcialmente de desechos. Si bien el peso estimado de las heces excretadas no presenta variaciones importantes según el tipo de aves, es esencial determinar las características y concentraciones específicas de la gallinaza mediante operaciones de muestreo y ensayo fiables. (Williams, 2013)

Siendo así, Tobia & Vargas (2000), afirman que las excretas de aves, tiene una composición química variable y su mayor valor es como fuente de proteína y minerales. El contenido de nutrientes que esto posee, está influenciado principalmente por el tipo de material utilizado como cama, el tipo de piso del galpón, la densidad de aves/m², la temperatura y humedad.

Montenegro, Rojas, Cabeza & Hernández (2016) afirman que la relación carbón-nitrógeno en las excretas del subsector avícola es de 20:1, considerándose apropiada para proporcionar un rendimiento considerable de producción de biogás.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| Origen | Residuos | Características | | |
|------------------------|----------------|-----------------|-------|------------|
| | | Relación C/N | SV/ST | %proteínas |
| Porcino [18] | Estiércol | 20 | 0,72 | 13,2 |
| Vacuno [18] | Estiércol | 20 | 0,75 | 17 |
| Aves [18] | Estiércol | 20 | 0,77 | 20,5 |
| Papa [35,36] | Hojas y tallos | 40 | 0,58 | 1,9 |
| Frijol [37] | Hojas y tallos | 12 | 0,93 | 15,2 |
| Arveja [37] | Hojas y tallos | 11 | 0,93 | 20 |
| Rosas y clavel [35,38] | Hoja de poda | 13 | 0,87 | 2,2 |
| | Mucílago | 20 | 0,68 | 21,4 |
| Café [39,40] | Pergamino | 20 | 0,40 | 6,4 |
| | Bagazo de caña | 150 | 0,43 | 20 |
| Caña panelera [41] | Caña | 21 | 0,80 | 15,3 |

Figura 20. Características de los residuos generados por el sector avícola. Fuente: (Montenegro, Rojas, Cabeza & Hernandez, 2016)

Del mismo modo, en la figura 20, los autores exponen que la cantidad de SV/ST y Proteínas son de 0,77 y 20,5 respectivamente, garantizando la disponibilidad de materia biodegradable para la producción de metano. No obstante, tal cantidad exagerada en el valor de las proteínas para la producción de biogás, afectan el rendimiento de la producción, ya que se reduce la biodegradabilidad del residuo por la presencia de productos intermedios.

8.1.4 Caña de azúcar



Figura 21. Ejemplares de caña de azúcar existentes en el campamento minero MQA. (Fuente: Elaboración propia, 2018)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

En consecuencia, con lo planteado por AGSIR (2012), el peso medio de las cañas es 0.75 kilogramos lo que da como resultado a 225 Kg de caña recolectados en el campamento minero MQA de los 300 ejemplares existente, de los cuales 45 kg corresponden a las hojas de las cañas, 56,25 kg a los residuos y por ultimo 123,75 kg correspondientes a los tallos.

Así mismo, Orjuela, Huertas, Figueroa, Kalenatic & Kadena, (2011), mencionan en su estudios sobre el “potencial de producción de bioetanol a partir de Caña Panelera: dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo”, que la caña panelera es una de las materias primas con mayor rendimiento para la producción de bioetanol y es de especial relevancia para Colombia, siendo este país el segundo productor de panela en el mundo después de la India y el mayor consumidor per cápita del mundo (37,4 Kg/Hab). Adicionalmente, es una de las materias primas con gran rendimiento con respecto a las demás para la producción de bioetanol 9000 L/Hect.

| Origen | Residuos | Características | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|-------|------------|
| | | Relación C/N | SV/ST | %proteínas |
| Porcino [15] | Estiércol | 20 | 6,54 | 13,2 |
| Vacuno [15] | Estiércol | 20 | 5,71 | 17 |
| Aves [15] | Estiércol | 20 | 0,77 | 20,5 |
| Papa [15] | Hojas y tallos | 40 | 2,43 | 1,9 |
| Frijol [32] | Hojas y tallos | 12 | 1,62 | 15,2 |
| Mora [15] | Hojas y tallos | 10 | 2,46 | 20 |
| Arveja [33] | Hojas y tallos | 11 | 1,62 | 20 |
| Rosas y clavel [34] | Hoja de poda | 13 | 2,60 | 2,2 |
| Café [35,36] | Mucilago | 20 | 0,68 | 21,4 |
| | Pergamino | 20 | 0,40 | 6,4 |
| | Bagazo de caña | 150 | 2,33 | 20 |
| Caña panelera [19,37] | Caña | 21 | 1,53 | 15,3 |

Figura 22. Características de los residuos generados por el cultivo de caña de azúcar.

Fuente: (Montenegro, Rojas, Cabeza & Hernández, 2016)

Llegados a este punto, en la figura 22, elaborada por Montenegro, Rojas, Cabeza & Hernández (2016), se encuentran los datos pertinentes a las características de los residuos de caña panelera, necesarias para la producción de biogás y el óptimo rendimiento de este. De acuerdo a los valores provistos por la tabla anteriormente expuesta, se puede afirmar que debido a que los valores de C/N de 150:1 para el bagazo y de 21:1 para la caña son tan elevados y a que existe una escasez de elementos de traza, se puede ver afectado el correcto desarrollo del proceso por la producción de ácidos grasos y el decrecimiento del pH del sistema. De acuerdo a esto, y en general, para contrarrestar las deficiencias de los diferentes residuos se deben plantear procesos de codigestión que ayudan a incrementar las producciones de metano respecto a los potenciales individuales. En la codigestión, los sustratos pueden estimular la síntesis de enzimas por la composición del material o la presencia de microorganismos que favorecen la sinergia del proceso.

8.1.5 Componente humano

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Se encontró que la cantidad aproximada de excremento producido por una persona en un día es de 0,15 Kg de acuerdo con Gotaas (1956), por lo tanto, en el campamento minero de Mineros Quebrada Azul LTDA se generan aproximadamente 1,05 Kg al día de excremento procedente de los 7 trabajadores permanentes.

De acuerdo con Gotaas (1956) en su monografía para la OMS, la tabla 21, exponen los valores de la composición química de las heces fecales humanas, donde se encuentra que esta cuenta con la presencia de nutrientes como carbono, fósforo y potasio, al igual que con elementos traza como el calcio, los cuales promueven el desarrollo de las comunidades microbianas encargadas de la producción de biogás y mejoran la producción de metano favoreciendo al proceso.

| Heces humanas sin orina | | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|
| Cantidad aproximada: | 150 a 270 g per cápita por día peso húmedo | |
| Composición aproximada: | Contenido de humedad | 66 - 80 % |
| | Materia orgánica (en la materia seca) | 88 - 97 % |
| | Nitrógeno (en la materia seca) | 5,0 - 7,0 % |
| | Fósforo (P ₂ O ₅) (en la materia seca) | 3,0 - 5,4 % |
| | Potasio (K ₂ O) (en la materia seca) | 1,0 - 2,5 % |
| | Carbono (en la materia seca) | 40 - 55 % |
| | Calcio (CaO) (en la materia seca) | 4,0 - 5,0 % |

Figura 23. Composición química de las heces fecales humanas. Fuente: (Gotaas, 1956)

El componente humano presenta una relación carbono-nitrógeno de 3:1 de acuerdo con el “Manual de Biogás” elaborado por la FAO en el 2011, indicando una relación baja para óptimos resultados en la producción de biogás a partir de excretas humana, teniendo en cuenta que la relación optima es de 20:1 hasta 30:1, debido a que si la proporción es excesiva, se produce amonio durante la degradación anaeróbica de urea o proteínas, contribuyendo significativamente a la disminución en la producción de biogás. El amonio libre puede inhibir la fermentación anaeróbica y tóxico para las bacterias metanogénicas, por otra parte, si la relación es baja, como en el caso de las excretas humanas, el C se terminará antes que el N, generando que el proceso de fermentación se detenga, inhibiendo la producción de biogás.

En relación con el porcentaje de proteínas y ST/SV en las heces fecales humanas, se ha encontrado un intervalo del 2-3% de presencia de estos primeros dependiendo de la dieta del individuo y significando una garantía en la producción de biogás debido a que es un porcentaje relativamente bajo aumentando la biodegradabilidad de los residuos; adicionalmente, de acuerdo con la guía del biogás de la FAO. 2011, el estiércol sólido posee menos del 20% de sólidos totales y entre un 40 – 70% en su fracción orgánica, clasificándolos en sustratos de clase 1, los cuales pueden ser degradados eficientemente en biodigestores tipo Batch. En conclusión, el porcentaje de sólidos totales en las excretas humanas que el manual

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

de la FAO del 2011 provee es del 17% asegurando que el proceso se efectuará satisfactoriamente para digestores discontinuos, ya que experimentalmente se ha demostrado que una carga en digestores semicontinuos no debe tener más de un 8% a 12 % de sólidos totales para asegurar el buen funcionamiento del proceso, a diferencia de los digestores discontinuos, que tienen entre un 40 a 60% de sólidos totales.

Tabla 18. Resumen de la cantidad total de residuos sólidos en Mineros Quebrada Azul Ltda

| Sector de Producción | Cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos (Kg/día) |
|----------------------|-------------------------------------------------|
| Ganado Bovino | 281 |
| Ganado Porcino | 4 |
| Avícola | 3.4 |
| Caña de Azúcar | 1.875 |
| Trabajadores | 1.05 |
| Total | 291.325 |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

8.2 Determinar el sistema de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul.

Tabla 19. Matriz de evaluación de alternativas

| | FACTORES AMBIENTALES | | AMBIENTAL | | ECOLOGICO | SOCIAL | ECONOM. | | TOTAL |
|----------------------|-------------------------------------------|-------------|--------------------------------|------------|--------------------|----------------|---------|----|-------|
| | TIEMPO DE RETENCION | TEMPERATURA | CANTIDAD DE RESIDUOS ORGANICOS | TECNOLOGIA | ASISTENCIA TECNICA | IMPLEMENTACION | EMPLEO | | |
| TIPOS DE BIOGESTORES | | | | | | | | | |
| 1 | BIOGESTOR TIPO TAIWAN (PLANTA DE GLOBOS) | X | X | X | X | X | X | X | 7 |
| 2 | BIOGESTOR PFR (PLANTA DE DOMO FIJO) | X | X | X | XX | XX | XX | XX | 11 |
| 3 | BIOGESTOR TIPO HINDU | X | X | X | XX | XX | XX | XX | 13 |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Tabla 20. Análisis matriz comparativa de proyectos

| CALIFICACIÓN |
|--------------|
| X |
| XX |
| XXX |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Dentro de los resultados obtenidos en la solución del segundo objetivo establecido en el proyecto de grado generado en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda. Se establecieron una serie de aspectos los cuales se evaluaron por medio de la matriz mostrada anteriormente, esta matriz ayudo a mostrar cuál de las tres opciones fue la más apta para generar dentro de la mina.

Dicho esto, el objetivo a manejar fue “Determinar el sistema de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos generados en el campamento de la empresa minera Mineros Quebrada Azul” dentro de estos parámetros se manejaron aspectos determinantes a la hora de evaluar cada biodigestor, en este orden de ideas, el biodigestor con mejor puntuación fue el biodigestor Taiwán, dado que, aunque dentro de las condiciones climáticas no se encontraron mayores relevancias a la hora de evaluar cada uno, esto dado, a que no se hallaron condiciones extremas que podrían afectar el funcionamiento de cada uno dentro del área de estudio, por esta razón, el factor determinante a la hora de la evaluación fue el factor económico, expuesto en la siguiente evaluación.

8.2.1 Ambiental

8.2.1.1 Tiempo de retención:

Es el número de días en el cual los residuos sólidos deben permanecer dentro del biodigestor, manejo por tres intervalos de temperatura en las cuales los microorganismos descomponedores pueden operar.

El tiempo de retención es definido como el periodo de tiempo que permanece la materia orgánica dentro del sistema para alcanzar la degradación. El tiempo de retención está directamente relacionado con la temperatura ambiente y en condiciones óptimas del proceso, con una temperatura de 30 °C, el tiempo de retención (Tr) debería ser de 20 días; sin embargo, algunos autores han sugerido para cada ambiente los respectivos tiempos de retención, que comúnmente se presentan en biodigestores, como se muestra en la tabla 6 (Olaya 2006), debido a la variación de la temperatura, la cual es difícil de controlar. Esta variación de temperatura afecta el tiempo de retención, el cual varía de acuerdo con el factor de corrección que puede ser determinado con la figura 24 (Vargas 1992).

| Ambiente | Tiempo de retención [días] |
|-----------------|-----------------------------------|
| Psicrofilico | > 40 |
| Mesofilico | 10 – 40 |
| Termofilico | < 10 |

Figura 24. Tiempo de retención según la temperatura. Fuente: (Olaya, 2006)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Por esta razón y dado que el tiempo de retención es fundamental al momento de homogenizar los residuos sólidos orgánicos para llenar el biodigestor, además, de manejar una temperatura anual de alrededor de 25 °C, el establecimiento del valor se manejará dentro de un rango aceptable o bueno, puesto que el tiempo es el adecuado para la generación del gas.

8.2.1.2 *Temperatura:*

Este es uno de los parámetros más importantes a manejar dentro de la implementación del biodigestor anaerobio en el campamento de la mina, puesto que es el determinante de la velocidad de descomposición de los residuos que generaran el biogás. Dentro de los rangos a manejar esta que la temperatura mínima para el proceso es de 4 – 5 °C y la temperatura máxima no puede estar más arriba de los 70 °C, después de lo dicho anteriormente, se encontró por métodos bibliográficos que la temperatura anual promedio dentro del área de estudio se encuentra alrededor de los 25 °C

Por esta razón este parámetro es de gran importancia ya que los mecanismos metabólicos de la célula dependen de la temperatura y según sea el rango estarán más favorecidas unas poblaciones y la actividad de estas será mayor o menor. Teniendo como valores óptimas para la descomposición, intervalos de rango psicrófilico que se fundamenta por debajo de los 25 °C mesófilos entre 25-45 °C e intervalos termófilos de 45-60 °C (Tamayo, 2009).

Esto no determina que con poca temperatura no se pueda implementar o generar el biogás porque las condiciones sean poco propicias, lo que determina es que a mayor temperatura es mayor el grado de descomposición de los residuos orgánicos y a menor temperatura es mucho menos el grado de descomposición de los residuos lo que conlleva más tiempo dentro del reactor para generar el biogás necesario. (Salazar, 2007).

| Materiales | Temperatura | Duración aproximada |
|-------------|---------------|---------------------|
| Psicrófilos | < 25 °C | 30 - 60 días |
| Mesófilos | 25 °C - 45 °C | 20 – 25 días |
| Termófilos | > 45 °C | 10 – 15 días |

Figura 2526. Duración descomposición de residuos. Fuente: (Salamanca, 2009)

En la siguiente tabla se puede observar los tipos de biomasa y el aumento de la degradación del material dentro de biodigestor, haciendo la comparación con la temperatura que se puede trabajar dentro del área de estudio, demostrando la eficiencia de generación de biogás en el proceso anaeróbico. (Fúquene & Hernandez, 2012).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| Materiales | Mesofílico (35°C) | Ambiente (8 – 25°C) |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| | m ³ /día | m ³ /día |
| Estiércol de cerdo | 0,42 | 0,25 – 0,3 |
| Estiércol de vaca | 0,3 | 0,2 – 0,25 |
| Estiércol de humano | 0,43 | 0,25 – 0,3 |
| Paja de arroz | 0,4 | 0,2 – 0,25 |
| Paja de trigo | 0,45 | 0,2 – 0,25 |
| Pasto verde | 0,44 | 0,2 – 0,25 |

Figura 2627. Descomposición de sustancias en función de la temperatura. Fuente:
(Salamanca, 2009)

Después de analizar las variables dentro de los materiales a manejar en el campamento minero y de ver el metro cubico al día que se genera dependiendo de la temperatura encontrada en el lugar, se estableció un valor de X el cual se manejó dentro de los parámetros aceptables para su funcionamiento, dado que este aspecto con las condiciones encontradas en el lugar, es beneficio para los tres biodigestores y que ninguno tiene complicaciones o beneficios aparte de los demás, se les otorga la misma calificación.

8.2.2 Social

8.2.2.1 Tecnológico

Dentro de los apartados tecnológicos para la evaluación de los tres biodigestores, se manejarán aspectos que demostraran las ventajas y desventajas de cada implementación y cual es más factible en términos de costos y formación dentro del área de estudio.

Dentro de las ventajas del Biodigestor Taiwán se encuentran aspectos como resistencia a eventos telúricos, lo cual lo convierte en un aparato hermético y flexible, además de una acción de cargar y descarga que no requiere de eventos pausados para reabastecer el biodigestor, como pasa en otros biodigestores de proceso continuado. Este biodigestor es de alta durabilidad en comparación con otros biodigestores y, además, como uno de sus factores más importantes es que es de bajo costo en cuanto a implementación y mantenimiento.

Tiene una vida útil de alrededor de 20 años, todo esto influido en las formas de cuidado y manejo que se tengan y de la protección con los factores físicos y climáticos que puedan afectar la capa de polietileno o la estabilidad del suelo. Dentro de las desventajas a tener en cuenta están la susceptibilidad a perforaciones por ser un material de plástico, además de necesitar una estructura externa que cubra posibles daños por factores ambientales.

A continuación, se mostrarán características comunes de biodigestores Taiwán como lo son de área, sus materiales, mano de obra, complejidad entre otros.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| Características comunes entre los tipos de digestores | Tipo de biodigestor | Calificación | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|
| | Biodigestor Taiwán o Estructura Flexible | Bueno | Malo |
| Generación de material a digerir | Baja, de 5 kg/día | | |
| Rango de capacidad promedio | 4 a 100 m ³ | 1 | |
| Área de establecimiento | Biodigestor semisubterráneo o superficial. No necesariamente requiere la excavación de un pozo. Puede instalarse en una laguna o reservorio. Debe disponer de un área perimetral efectiva de prevención pequeña, relativa al tamaño del digestor. | 1 | |
| Materiales de construcción | Poliétileno calibre 6 u 8; 2 canecas plásticas de 15gal., manguera plástica para jardín de 1½", 1 adaptador macho PVC de ½", 1 adaptador macho PVC de 1", 1 adaptador hembra PVC de 1", 1 T" PVC de 1", 2 bujes PVC de 1 a ½", 3 codos de 90° en tubería gris PVC de 1", 1 tapón liso PVC de 1", 2 secciones tubería gris PVC de ½", 1 sección tubería conduit PVC de 1" o manguera negra en polietileno reciclado de ½", 1 frasco limpiador para PVC, 1 frasco soldadura para PVC, 1 sección tubería galvanizada | 1 | |

Figura 2728. Características biodigestor Taiwan. Fuente: (Rodriguez, 2014)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| Características comunes entre los tipos de digestores | Tipo de biodigestor | Calificación | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|
| | Biodigestor Taiwán o Estructura Flexible | Bueno | Malo |
| | de ½", con rosca en ambos extremos, 1 codo galvanizado de ½", 1 niple de 10 a 12 cm galvanizado de ½", roscada en ambos extremos, 4 abrazaderas metálicas de cremallera con ajuste desde 1 hasta 1½", 1 llave de paso de ½", 2 arandelas en acrílico, madera, fibra de vidrio, material sintético o metálicas que permita el paso de la rosca del macho en PVC de 1", 1 marcador de tinta oscura indeleble, 1 envase de PET 3 lts. Reciclado, sin tapa, 1 envase de lata de ½ gal., redondo, 2 empaques en neumático reutilizado, de 20x20 cm. En forma de ruana o 20 cm de diámetro y con una ranura central que permita la entrada muy ajustada de la rosca del macho en PVC de 1", 6 correas en neumático reutilizado, de 5 cm de ancho por 2 mt de longitud, 8 lonas de polietileno de alta densidad reutilizadas con capacidad de 40 kg., 2 ladrillos reutilizados y 1 esponjilla metálica. | | |
| Mano de obra calificada en construcción | No | 1 | |
| Complejidad de la operación del sistema | Sencilla | 1 | |
| Restricción de materiales | No | 1 | |
| Requerimiento de mantenimiento | Bajo y económico | 1 | |
| Durabilidad promedio | 12 años | | 1 |
| Nivel de presión del Biogás | Variable | | 1 |
| Nivel de la T° | Variable | | 1 |
| Frecuencia de las fugas | No es común | 1 | |
| Nivel de retención de los | Alto | | 1 |
| Puntaje | | 8 | 4 |
| Calificación | | 66,7 | 33,3 |

Figura 2829. Características biodigestor Taiwan. Fuente: (Rodríguez, 2014)

Según Rodríguez (2014) el alcance de funcionalidad en este biodigestor presento la mayor calificación llegando a los 66 puntos y la menor calificación negativa de implementación con un 33.3, esta diferencia radica en el costo beneficio entre el establecimiento de los sistemas de acuerdo el volumen del material a digerir, además, de que en términos de inversión y de capacidad, no requiere un área tan grande como los demás biodigestores, por esta razón es que se toma y califica con la mayor puntuación.

Dentro de las ventajas y desventajas manejadas para un biodigestor de cúpula Fija se obtienen ventajas de mantenimiento, puesto que estos tipos de biodigestores no necesitan de mantenimiento en cortos plazos, además, mantiene una vida útil de 20 años, también, al ser

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

de estructura de hormigón, puede protegerse de bajas temperaturas, lo que conlleva a un ciclo de descomposición de la materia mas uniforme. La problemática frente a estos biodigestores es el alto riesgo de daño sobre la estructura, que por consiguiente conlleva a altos costos en materiales de calidad, asimismo, mano de obra calificada y en ocasiones costosa que genera gastos sobre el proceso.

Sintetizando se muestra a continuación las características comunes de los biodigestores de cúpula fija.

| Características comunes entre los tipos de digestores | Tipo de biodigestor | Calificación | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|
| | Biodigestor Chino de Domo o Cúpula Fija | Bueno | Malo |
| Generación de material a digerir | Alta, de 20 a 50kg/día | | |
| Rango de capacidad promedio | 5 a 10 m ³ | 1 | |
| Área de establecimiento | Biodigestor subterráneo. Requiere la excavación de un poso medianamente profundo. Debe disponer de un área perimetral efectiva de prevención muy amplia, relativa al tamaño del digestor. | | 1 |
| Materiales de construcción | Cemento, grava gruesa, arena, gravilla, puntillas, alambre, varilla de hierro, ladrillo, estuco plástico, tubería en PVC, limpiador y soldadura para PVC. | | 1 |
| Mano de obra calificada en construcción | Sí | | 1 |
| Complejidad de la operación del sistema | Sencilla | 1 | |
| Restricción de materiales | No | 1 | |
| Requerimiento de mantenimiento | Medio y costoso | | 1 |
| Durabilidad promedio | 20 años | 1 | |
| Nivel de presión del Biogás | Variable | | 1 |
| Nivel de la T° | Constante | 1 | |
| Frecuencia de las fugas | Medio | 1 | |
| Nivel de retención de los materiales | Alto | | 1 |
| | Puntaje | 6 | 6 |
| | Calificación | 50,0 | 50,0 |

Figura 2930. Características biodigestor cúpula fija. Fuente: (Rodriguez,2014)

Por último, se asocian y se estudian las ventajas que llegaría a tener la implementación de un biodigestor hindú de tambor o de campana flotante. Segun Rodriquez, 2014 las ventajas son pocas para este tipo de biodigestor, dado que solo permite medir el nivel del biogás y es de los pocos que mantiene su presión constante.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

A continuación, unaa tabla de características comunes entre los digestores.

| Características comunes entre los digestores | Tipo de biodigestor | Calificación | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|
| | Biodigestor Hindú de Tambor o Campana Flotante | Bueno | Malo |
| Generación de material a digerir | Alta, más de 50kg/día | - | - |
| Rango de capacidad promedio | 5 a 20 m ³ | 1 | |
| Área de establecimiento | Biodigestor subterráneo. Requiere la excavación de un pozo profundo. Debe disponer de un área perimetral efectiva de prevención media, relativo al tamaño del digestor. | | 1 |
| Materiales de construcción | Cemento, grava gruesa, arena, gravilla, puntillas, alambre, varilla de hierro, ladrillo, estuco plástico, cúpula flotante, anticorrosivo o pintura anticorrosiva, tubería en PVC, limpiador y soldadura para PVC. | | 1 |
| Mano de obra calificada en construcción | Sí | | 1 |
| Complejidad de la operación del sistema | Sencilla | 1 | |
| Restricción de materiales | Sí | | 1 |
| Requerimiento de mantenimiento | Alto y costoso | | 1 |
| Durabilidad promedio | 20 años | 1 | |
| Nivel de presión del Biogás | Constante | 1 | |
| Nivel de la T° | Variable | | 1 |
| Frecuencia de las fugas | Alto | | 1 |
| Nivel de retención de los materiales | Alto | | 1 |
| | Puntaje | 4 | 8 |
| | Calificación | 33,3 | 66,7 |

Figura 3031. Características biodigestor hindú. Fuente: (Rodríguez, 2014)

Las ventajas son pocas al momento de la implementación de este modelo, en este tipo de biodigestor, puesto que este es de alto costo, asimismo de mantenimiento. Puede llegar a dañar la capa freática del nivel de estudio y no soportar cargas estáticas o dinámicas. Por estas razones, es la opción menos viable para su implementación por su ineficiencia en cuanto a costo-beneficio.

Después de dar un desmenuzado ejemplo de cada uno de los biodigestores y de mostrar las ventajas y desventajas de cada uno dando evaluación sobre el área de estudio, se determinó que el biodigestor Taiwán es uno de los más aptos para la formación y puesta en marcha en el campo minero, esto obtenido de las características dentro de las tablas mostradas anteriormente que demuestran su mayor calificación en funcionalidad y la menor calificación

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

negativa en su implementación, todo esto, dado por su alta capacidad de carga y descarga sin necesidad para la producción de gas, además, de su flexibilidad y su bajo costo de implementación, lo lleva a ser el mejor calificado dentro de la matriz.

Los otros dos biodigestores, aunque con ventajas diferentes, obtuvieron XX de calificación, dado que necesitan de mayor asistencia técnica, aparte de una más alta inversión y mano de obra, dado que son estructuras en hormigón y mampostería, pidiendo en si una mayor área para su implementación.

8.2.2.2 Cantidad de residuos sólidos

Dentro de los resultados obtenidos para la calificación de la cantidad de los residuos sólidos obtenidos en el área de estudio, se evaluaron factores en cuanto al tiempo de descomposición de cada residuo, además, de las características de cada uno frente al proceso de homogenización, por tal razón, la valorización que se dio en esta aspecto, fue igual para los tres dado que, en los tres casos la cantidad manejada dentro de los biodigestores es la no varía, a continuación, se explicara la relación C/N que se tiene que encontrar en cada residuo.

Un manejo inadecuado de las excretas porcinas y vacunas se traduce en un grave y severo problema debido al alto impacto ambiental, contaminación por nitritos y nitratos, metales pesados y resto de nutrientes (Rodríguez, 2014).

Los materiales de fermentación están compuestos en su mayor parte por carbono (C) y también contienen nitrógeno (N), entonces se establece la relación entre ellos (C/N), la cual influye sobre la producción de gas, todo esto enfocado en dar una relación de forma aceptable que se encuentra establecida de 20:1 hasta 30:1 (Guevara, 1996) mezclas de materiales de fermentación con alto contenido de nitrógeno (como, por ejemplo, el estiércol de gallina) con material de fermentación con alto contenido de carbono (como el tamo de arroz) generan una elevada producción de gas (Guevara, 1996).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| Sustancia | Relación C/N |
|--------------------------|--------------|
| Orina | 0.80 |
| Estiércol equino | 25 |
| Estiércol vacuno | 18 |
| Alfalfa | 16-20 |
| Algas marinas | 19 |
| Aserrín | 511 |
| Basura | 25 |
| Cáscaras de papa | 25 |
| Paja seca de trigo | 87 |
| Paja seca de arroz | 67 |
| Tallo del maíz | 53 |
| Hojas secas | 41 |
| Estiércol de aves | 32 |
| Pasto | 27 |
| Estiércol ovino | 29 |
| Estiércol de cerdos | 13 |
| Excretas frescas humanas | 2.90 |

Figura 3132. Relación C/N en sustancias. Fuente: (Guevara,1996)

Según Guevara (1996) para poder tener un buen rendimiento de gas y que sea constante la fermentación, se debe combinar proporciones adecuadas de materiales con bajo y altos rendimientos y diferentes velocidades de generación.

8.2.3 Económico

8.2.3.1 Implementación

Dentro de los parámetros manejados para medir las variables de implementación de cada biodigestor, se tuvo en cuenta aspectos dependiente de la cantidad de residuos sólidos orgánicos a manejar.

De acuerdo con Hilbert (2003), los costos de implementación para el aprovechamiento de la tecnología del biogás, se relacionan las operaciones, la cantidad de la materia prima, la cantidad del empleo y demás demostrado en la siguiente tabla.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| Tipo de costo | Concepto del costo |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Asociados a la operación | Diseño e instalación Materiales Mantenimiento Mano de obra |
| Públicos | Unidades demostrativas Instalaciones de bajo riesgo comparativo y medidas de fomento Asistencia técnica |
| De la materia prima | Mano de obra Equipo para transporte Materia prima, si se compra |
| Del empleo del efluente | Mano de obra Equipo para transporte Almacenamiento Transporte hasta el lugar del uso |
| De utilización del biogás | Almacenamiento Distribución Adaptación de equipos Purificación |

Figura 3233. Asociación tipo de costo/concepto. Fuente: (Arboleda, 2009)

Dentro de los valores de implementación de un biodigestor Taiwán en pesos colombianos y en dólares, se tiene a continuación una tabla con los costos de generación del proyecto en un área determinada.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| ACTIVIDADES | COSTO | |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|
| | Pesos Col. | US\$* |
| Consultoría | \$ 500.000 | \$ 266,0 |
| Visita a zona | | |
| Diagnostico | | |
| Elección de sitio definitivo | | |
| Cotización de materiales | | |
| Formulación del proyecto | | |
| Compra de materiales (global) | \$ 500.000 | \$ 266,0 |
| Mano de obra (2 obreros - 2 días) | \$ 140.000 | \$ 74,5 |
| Horas tractor (1 hora) | \$ 40.000 | \$ 21,3 |
| COSTO TOTAL | \$ 1.180.000 | \$ 627,7 |

Figura 3334. Precio estimado para el 2014 de la implementación Biodigestor Taiwán.
 Fuente: (Rodríguez, 2014)

Al ser uno de los proyectos más sencillos y factible de desarrollar por una persona natural, se tienen pocas actividades para su desarrollo, por ende, es tomado como uno de los procesos más factibles dentro de la implementación, puesto que no necesita de procesos elaborados y tampoco de técnicas de construcción.

En la tabla anterior se muestra el presupuesto manejado como consultoría, visita de la zona, diagnóstico y cotización de materiales dentro del cobro total del proyecto, En este proyecto dentro del campamento minero Mineros Quebrada Azul Ltda. no se tendrán en cuenta estos aspectos dentro del presupuesto de implementación, por tal razón, el presupuesto se manejará con los tres últimos ítems que darán un valor total en pesos de \$680.000 pesos (Rodríguez, 2014).

Dentro de los costos de implementación de un modelo de PFR a escala se plantea la utilización de canecas, como factor fundamental para la generación del recipiente donde se va a degradar los residuos sólidos orgánicos.

Este recipiente se maneja con sellado y pegado cuidadosamente para no tener complicaciones con fugas de biogás, además de tener un sector de manejo de lixiviados de los residuos.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

A continuación se muestra la tabla de presupuesto manejado para la generación del biodigestor PFR a escala.

| COSTOS PRIMER MONTAJE | | |
|-------------------------------------------|-----------------------|------------|
| MATERIAL/ EQUIPO | CANTIDAD | VALOR (\$) |
| Caneca de 55 galones | 2 | 130.000 |
| Botella de vidrio milimetrada de un litro | 4 | 80.000 |
| Tubo PVC ½" | 6 metros | 92.800 |
| Llaves (registros) ½" | 6 | |
| Conexiones hembra ½" de tubo PVC | 16 | |
| Conexiones macho ½" de tubo PVC | 18 | |
| Silicona Fria | 2 | |
| Soldadura PVC | 1 | |
| Limpiador PVC | 1 | |
| Teflón | 2 | |
| Uniones lisas PVC | 24 | |
| Neumático | 1 | |
| Boxer | 1 | 1.400 |
| Uniones T | 2 | 1.600 |
| Ganchos Adhesivos | 4 | 4.800 |
| Cinta doble faz | 1 | 5.000 |
| Plástico | 4 Metros ² | 5.000 |
| Bolsas Negras | 15 | 6.000 |
| Guantes | 5 Pares | 9.000 |
| Ladrillos | 30 | 20.000 |
| Transporte Canecas | 2 | 58.500 |
| Fuente: Autores | | |

Figura 3435. Precios para el 2007 en la implementación Biodigestor cúpula fija. Fuente: (Salazar,2007)

El volumen de las canecas utilizadas tiene una capacidad de 15 galones, del cual se logra obtener una altura total de las canecas de 63 cm. La altura de llenado de cada caneca es de 47 cm que corresponden al 75% de la altura total de las canecas. (Salazar, 2007).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
 DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
 BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

| COSTOS PRIMER MONTAJE | | |
|-------------------------------------------|----------|----------------|
| MATERIAL/ EQUIPO | CANTIDAD | VALOR (\$) |
| Pegante Cemento PVC | 1 Tarro | 16.000 |
| Útiles de aseo (limpiador, desinfectante) | 2 tarros | 4.500 |
| Pegante Rali PVC | 2 cajas | 3.000 |
| Pegante Poliuretano | 1 | 25.000 |
| Transportes | | 56.000 |
| Varios | | 15.700 |
| Subtotal 1 | | 524.800 |

Figura 3536. Precios para el 2007 en la implementación Biodigestor cúpula fija. Fuente: (Salazar, 2007)

En último lugar y evaluando uno de los factores más importantes dentro de la implementación en el área de estudio de la mina, se evaluó el costo-beneficio que se logra obtener al momento de implementar cada biodigestor, todo esto demostrado en las tablas de costos mostradas anteriormente, después de hacer un análisis sobre cada biodigestor, se obtuvo que el más apto en torno a factores económicos fue el biodigestor Taiwán, puesto que es el que necesita de la menor cantidad de materiales, además de que la mano de obra obligatorio es igual o menor a dos personas, al contrario, de los otros dos biodigestores, los cuales necesitan 3 o más personas dado que son proyectos de mayor magnitud y tiempo que obligan al cotizante una mayor inversión en el proyecto.

Por tales razones, es dio la mejor calificación al biodigestor Taiwán, por su factibilidad al momento de ser implementando, la siguiente es el de cúpula fija dado que, aunque tiene técnicas de implementación relacionadas al hormigón o mampostería, no tiene campanas que puedan oxidarse al pasar el tiempo que puedan llegar a dañar la estructura del biodigestor, por ello, el biodigestor hindú es el de calificación mala por sus costos de mantenimiento y de implementación.

8.2.3.2 Empleo

Dentro de la generación de empleo para la implementación del biodigestor, el enfoque de evaluación estará dado entre mayor sea la cantidad de personal será mejor, por tanto, las utilidades de mano de obra dentro de las obras de implementación de los biodigestores se enfocan en el tiempo y en la cantidad de materiales necesarios para el funcionamiento.

Del mismo modo, se deduce que el biodigestor Taiwán es el de más fácil acceso y de más fácil montaje, puesto que es el que necesita poca mano de obra para ser implementado, ya que no necesita estructura de ladrillo u hormigón dentro de él para su funcionamiento, dado que solo necesita de máximo 3 personas para su establecimiento, puesto que, solo se necesita del polietileno para cubrir de forma adecuada el biodigestor y de una o dos personas que se encarguen de hacer la fosa con la inclinación y la profundidad requerida. A diferencia de los

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

otros dos biodigestores, los cuales necesitan de técnicas más elaboradas para su puesta en marcha.

Los otros dos biodigestores al ser construidos con hormigón y mampostería lo cual conlleva más mano de obra para su implementación además de personas capacidad o con conocimiento de generar de estructuras con estos dos materiales. Tal como se puede observar en la siguiente imagen (Rodríguez, 2014)

Dentro de la discusión en torno a la generación de empleo, se trae a continuación un ejemplo en imágenes de los biodigestores planteados dentro de la matriz de evaluación de alternativas.

En la generación de empleo del Biodigestor Taiwán, dadas las especificaciones del biodigestor, el empleo es el menor dentro de los tres biodigestores ejemplos, dado que es una técnica sencilla dentro implementar y mantener, puesto que solo es necesario el espacio y el montaje del polietileno dentro del área de estudio, con tres aberturas de fácil generación, como se demuestra en la siguiente imagen.



Figura ~~3637~~. Biodigestor Taiwan. Fuente: (Shemi,2015)

En la figura 38, se muestra el biodigestor de cupula fija o biodigestor PFR, el cual como se puede mostrar en la imagen se necesita 3 o mas empleados para poder hacer el espacio necesario para la implemnetacion, en la mayoría de ocasiones para la generacion de estos biodigestores, es necesaria la utilizacion de maquinaria pesada para la reduccion del tiempo de la implementacion.En el caso del ejemplo mostrado en la imagen, la mano de obra es la encargada de generar el hueco necesario, ademas, de que estas personas deben tener el conocimiento dentro de la mamposteria para que el trabajo quede en optimas condiciones.

Por esta razon es valorado dentro de la matriz como regular dado que es un proyecto que, aunque necesita mano de obra, no es en altas cantidades.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ



Figura 3738. Biodigestor cúpula fija. Fuente: (Rodriguez, 2014)

Ya en el último ejemplo se tiene el biodigestor hindú o biodigestor de campana movable, este dentro de la matriz de evaluación de alternativas obtuvo la mejor calificación puesto que es el que dentro de su implementación necesitar la mayor cantidad de empleados para su puesto en marcha.

Al ser una estructura de hormigón o mampostería y tener una característica diferente de los otros tres, la cual es su cúpula de metal, conlleva a que sea necesario más mano de obra. Por tal razón es calificado como el mejor en la generación de empleo.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

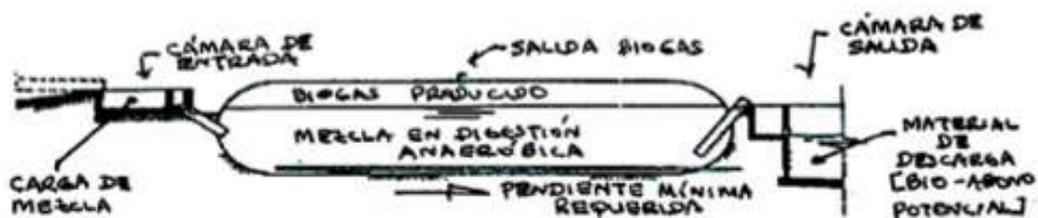


Figura 3839. Biodigestor Hindú. Fuente: (López,2014)

8.2.3.3 Asistencia técnica

Dentro de los aspectos que se tuvieron en cuenta para la evaluación de la asistencia técnica del biodigestor, se manejaron aspectos tales como las personas y el tiempo necesario para atender la implementación. Por ende, Prioridades o inconvenientes dentro y fuera del biodigestor son tomados como bases principales para la evaluación de la asistencia técnica de cada biodigestor. En este orden de ideas, el biodigestor tubular contiene en los materiales de construcción de fácil transporte y según Aguilar & Botero 2006 su instalación y adecuación del sitio son demasiado sencillas, por ende, la asistencia técnica para el montaje no es de mayor relevancia, por ende, el pago para gente especializada sobre estos biodigestores no es necesaria.

A continuación, se muestra un esquema completa sobre los componentes necesarios para la implementación de un biodigestor tubular con polietileno.



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Figura 3940. Esquema de una planta de balón plástico. Fuente: (soria et al.2001; Aguilar & Botero 2006; Olaya,2006)

Según Hilbert (2003), la planta con cúpula o campana fija posee partes móviles o metálicas que, si no se tiene un cuidado estricto, se puede oxidar. Aunque la construcción en concreto es duradera, la presión del gas no es constante y en ocasiones muy alta, lo que conlleva a tener estrictos procesos de sellamiento e impermeabilización, es decir, es necesaria la utilización de gente especializada en el área para trabajar las áreas en donde el gas podría escapar o fugarse.

En la figura 41 se logra observar la forma por la cual se genera el montaje del biodigestor y las estructuras necesarias para que la planta de cúpula fija funcione con excelencia.

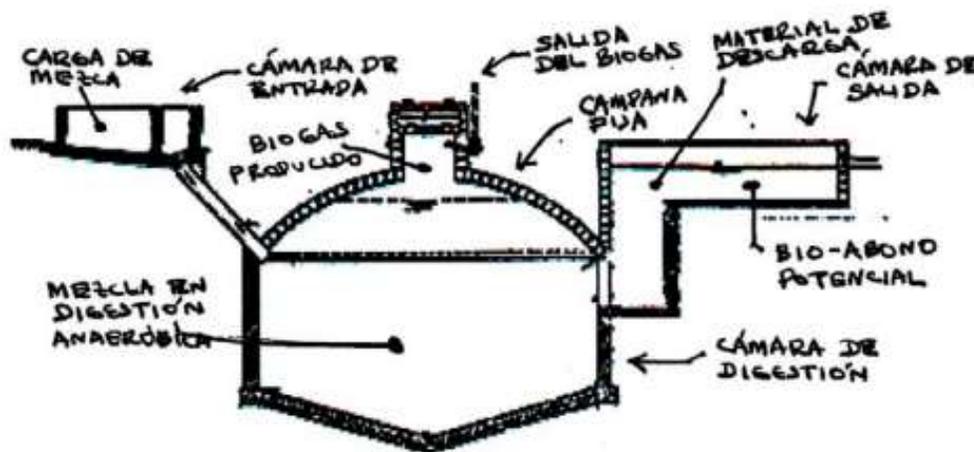


Figura 4041. Esquema de una planta de cúpula fija. Fuente: (Robles-Gil 2001; Olaya, 2006)

La mampostería tiene una larga vida útil, en caso de usar estructuras de concreto, deberá protegerse este material a la corrosión producida por la materia orgánica y el gas; la presión de gas es constante; y es de fácil manejo (Hilbert,2003), al tener altos costos de implementación, conlleva costos de conservación; referentes al mantenimiento de la campana metálica, evitando la corrosión, debido a esto, es el que necesita mayor asistencia técnica por sus componentes.

En la siguiente figura se observan las especificaciones por las cuales se debe generar el montaje del biodigestor de campana, los lugares de carga de mezcla, los depósitos de gas y la cámara de salida entre otras.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

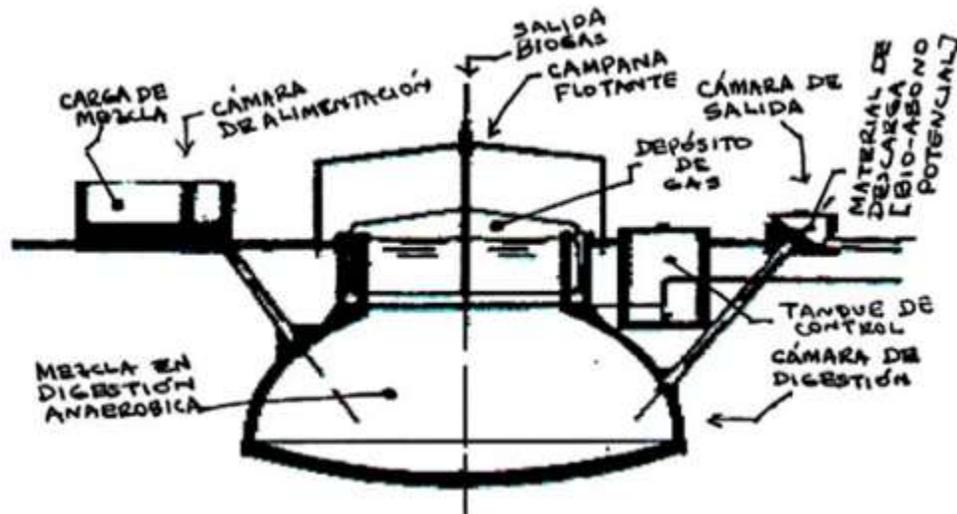


Figura 4142. Esquema de una planta de campana flotante tipo hindú. Fuente: (Robles-Gil 2001; Olaya, 2006)

8.3 Diseñar un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de biogás en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda.

Dentro de este objetivo se establecerán los parámetros para el establecimiento del biodigestor Taiwán dentro del campamento minero Mineros Quebrada Azul.

Este capítulo tendrá las especificaciones del biodigestor tubular de flujo continuo tipo Taiwán, el cual tendrá como principal material, una bolsa de polietileno tubular calibre 8 que tendrá capacidad de revertir y proteger los rayos ultravioletas. En este proyecto se hará una invención en la cual el biodigestor tubular tendrá una doble capa de plástico de polietileno, todo esto en función de que las condiciones sean más aptas y que de mayor soporte en condiciones de duración.

En este capítulo y dentro de las especificaciones del biodigestor, se tuvo en cuenta y se basó el diseño del libro “BIODIGESTORES PLÁSTICOS DE FLUJO CONTINUO” específicamente de la sección 2, desarrollado por los autores Chará y Padraza en el año 2002, dando prioridad al montaje y construcción de un biodigestor de plástico tubular de polietileno.

Ya que, en nuestro proyecto se van a manejar alrededor de $8 m^3$ diarios de residuos sólidos orgánicos que comprender en su mayoría, residuos de cerdos, ganado Bovino, gallinas y excretas de humano recolectadas del campamento minero, se manejará un biodigestor de tamaño familiar postulado por Chará y Pedraza (2002).

8.3.1 Materiales necesarios

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

En primera instancia y dicho anteriormente, es necesario el polietileno tubular calibre 8 necesario para el recubrimiento de los residuos sólidos, las dimensiones del plástico se verán reflejadas en los puntos de más adelante, todo esto dependiendo del tamaño al cual se opte para el montaje.

A continuación, se mostrará por medio de una tabla, los materiales necesarios para la generación de la caja de entrada y la caja de salida del biodigestor.

Tabla 21. Especificaciones de los materiales de las cajas de entrada y salida del Biodigestor

| | |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| BIODIGESTOR FAMILIAR (3 A 15 m³) |  |
| 40 Ladrillos | |
| Medio bulto de cemento | |
| 0.25 m ³ de arena (50 Paladas) | |
| 1 tubo de gres o cemento de 10 pulgadas | <p><i>Tomada de: Cotrina & Villanueva. (2013)</i></p> |

Fuente:(Chará y Pedraza ,2002).

Como se muestra en la tabla anterior, se dan las especificaciones para el montaje de la caja de entrada y salida. Todo esto estipulado por Chará y Pedraza (2002).los cuales dicen que para el montaje de un biodigestor familiar, los materiales para la cajas son los mismos, a diferencia de los biodigestores industriales, los cuales manejan una cantidad de 220 ladrillos, 0.4 m³ de arena , 2 bultos de cemento para la fabricación de la caja de entrada, mientras que, para la fabricación de la caja de salida, son solo necesario la mitad de los materiales que se necesitaron para la producción de la caja de entrada, por motivo, del tamaño de los residuos recolectados.

Dentro de los apartados de la instalación de las cajas de entrada y salida, se tienen especificaciones para la salida del biogás, las cuales son la inserción de acoples macho y hembra de PVC roscado de una pulgada, además, de dos arandelas de neumático de carro y dos arandelas metálicas de 15 cm de diámetro y agujero central de una pulgada, del mismo modo, es necesario un tubo de PVC de una pulgada de más o menos un metro de longitud.(Chará y Pedraza,2002).

Además, los autores Chará & Mejía, 2002 establecen medidas de seguridad para la válvula las cuales constan de 30cm de tubo de PVC de una pulgada, asimismo, una “T” de PVC de una pulgada, dos niples de 20 cm en PVC de una pulgada y un frasco o envase plástico transparente.(Chará y Pedraza,2002).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

A continuación, se ilustra por medio de una tabla los materiales necesarios para la salida del biogás y las medidas para la válvula de seguridad.

Tabla 22. Materiales de salida de gas y válvula de seguridad

| SALIDA DEL GAS | VÁLVULA DE SEGURIDAD |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Acople macho de PVC de 1 pulgada (Roscado) | 30 cm de tubo de PVC de 1 pulgada |
| Acople hembra de PVC de 1 pulgada (Roscado) | 1 “T” de PVC de 1 pulgada |
| Dos arandelas de neumático de carro | 2 niples de 20cm en PVC de 1 pulgada |
| Dos arandelas de 15 cm de diámetro y un agujero de 1 pulgada | 1 frasco o envase plástico transparente |
| 1m de tubo de PVC de 1 pulgada | |

Fuente: (Chará y Pedraza, 2002).

Además, Chará y Pedraza (2002) aclaran que es necesario la compra de dos neumáticos usados de camión de los cuales se extraerán dos correas largas de 5 cm de ancho, a esto, se le agregará una manguera de polietileno de una pulgada y media para poder conducir el gas que se extrae del biodigestor hasta el sitio de reserva o condensación, el cual será después utilizado en labores de casa o acciones de consumo.

8.3.2 Tamaño del Biodigestor

En este capítulo se muestra las dimensiones las cuales tiene que manejar el biodigestor en cuestiones de volumen. Dentro de los factores a valorar en el Diseño del biodigestor, se determinó evaluar el factor temperatura, dado que este factor es el determinante a la hora de evaluar los días de retención de los residuos dentro de polietileno.

Como se mencionaba anteriormente el volumen necesario del biodigestor debe ser de $5 m^3$, esto a razón de tratar los $291,325 Kg/día$ producidas en total por el conjunto de actividades provenientes del campamento minero. Según Chara y Pedroza (2002), la densidad de las excretas son cercanas a 1 por lo cual se asume que serian $291,325 L$, calculados en 17 días por encontrarse en clima medio, lo cual daría $4,9525 m^3$.(Chará y Pedraza ,2002).

8.3.2.1 Temperatura

Dicho anteriormente en la matriz de evaluación de alternativas, se demostró la importancia de la temperatura dentro del proceso de descomposición de los residuos orgánicos, que de la mano conlleva el tiempo de retención y en sí, el diseño del biodigestor.

Ahora bien, con base en este factor fundamental es que se desarrolla el estudio y se define el tiempo por el cual el material se demora en atravesar todo el biodigestor. Todo esto centrado en la razón de que la digestión anaerobia que allí se desarrolla en las mejores condiciones

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

cuando los microorganismos crecen y actúan de forma más eficaz y veloz, en otras palabras, si la zona de estudio mantiene en su temperatura anual un valor arriba de los 24 °C, la digestión es más rápida y por ende el tiempo de retención es menor, lo que conlleva a que se logre obtener una mayor cantidad de biogás en un menor tiempo. (Chará y Pedraza,2002).

Dentro de los estudios bibliográficos generados, se pudo encontrar que la temperatura media anual de la mina Mineros Quebrada Azul Ltda., es alrededor de los 19 °C y dada la cantidad de los residuos sólidos manejados, se dedujo que el tiempo a manejar es de 17 días para su retención y su paso completo por el biodigestor.

A continuación, se observa una tabla donde se dan los valores promedios de retención en el biodigestor según la temperatura.

Tabla 23. Tiempo de retención necesario en Biodigestores

| PISO TÉRMICO- TEMPERATURA AMBIENTAL PROMEDIO | DIAS DE TIEMPO DE RETENCIÓN |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------|
| Cálido-más de 24 °C, | 10 a 15 días |
| Medio – 18 a 24 °C, | 15 a 20 días |
| Frio – menos de 18 °C, | 20 a 25 días |

Fuente:(Chará y Pedraza, 2002).

8.3.3 Cantidad de residuos sólidos orgánicos

Se debe tener en cuenta para la alimentación del biodigestor, que según la FAO en el Manual del biogás (2011) para biodigestores de tipo familiar el 75% de la capacidad del tanque o bolsa corresponde a una mezcla homogénea de agua y los residuos sólidos orgánicos, mientras el 25% restante corresponde a la cámara de aire donde se almacenará el gas resultante de la fermentación. Partiendo de esta información se representan los resultados en tabla, por medio de las fórmulas presentadas en la metodología de trabajo.

Tabla 24. Resultados condiciones de alimentación del Biodigestor

| ASPECTO | VALOR |
|---------------------------------------------|---------------|
| Carga inicial | 3750 L |
| Carga inicial de residuos sólidos orgánicos | 1875 Kg |
| Carga diaria | 294,11 L/día |
| Carga diaria de residuos sólidos orgánicos | 147,05 Kg/día |
| Carga mensual de residuos sólidos orgánicos | 6286,5 Kg/mes |

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

La carga inicial corresponde a la cantidad en litros de la mezcla agua y residuos con la cual va a funcionar el biodigestor los primeros 17 días de maduración del sustrato, por otra parte la carga inicial de residuos sólidos orgánicos, según la FAO (2011), para biodigestores de

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

tipo familiar la relación debe ser 1:1, esto quiere decir que la cantidad de residuos debe ser mezclada con la misma cantidad de agua, por lo cual la carga inicial de residuos sólidos orgánicos corresponde a la mitad de la carga inicial.

Después de estos 17 días del tiempo de maduración ya se podrá abrir la válvula para el escape del gas y su uso posterior, para garantizar el correcto funcionamiento se debe poner una carga diaria e igualmente como se explicó anteriormente la carga diaria de residuos sólidos corresponde a la mitad de la carga diaria. Por último la carga mensual de residuos corresponde a la cantidad de residuos que se tarten en el biodigestor mensualmente.

8.3.4 Ubicación y dimensiones de la fosa

Dentro de las especificaciones de ubicación que debe cumplir el biodigestor en el área de estudio, están que, se debe encontrar en un lugar central donde la recolección de los residuos orgánicos le sea cercana, de preferencia que se puedan llegar a él por cuestión de la gravedad. Dentro del campamento minero la ubicación del biodigestor se logró ubicar en un lugar que, en primera instancia, quedo a más o menos 4 o 5 metros de distancia de los baños de los mineros y a medio metro de la canaleta por donde desciende las excretas de los trabajadores, por tal razón la recolección de estos residuos son por cuestión de gravedad, de lo contrario, la recolección de las heces del ganado bovino, cerdos y gallinas tiene que ser por sistema de carretilla dado que se recolecta en los sectores donde se tiene cercados los animales.

Dentro de las normas de seguridad de establecimiento del biodigestor se tuvieron en cuenta tres. La primera norma y la más importante fue que el biodigestor se ubicó a 200 m del lugar de preservación de los explosivos, esto como medida de seguridad por si llega a encontrarse una acumulación de gases y pueda generarse una explosión dentro del biodigestor. La siguiente norma de seguridad que se tuvo en cuenta fue determinar una distancia prudente con dos tanques de gas, los cuales se promedió que se encuentran a una distancia de más de 100m de distancia, todo esto para evitar incidentes futuros y la tercera y última fue la ubicación del biodigestor a una distancia prudente del área de descanso de los mineros que se promedió alrededor de los 30 a 50 m de distancia.

Dentro de las características de la fosa, Chará y Pedraza (2002). ubican un terreno firme y sin problemas de posibles derrumbamientos futuros, además, de que el piso no debe tener desniveles, aunque es aceptable un desnivel de 0,5. También las paredes de la fosa deben tener una inclinación de 1 por ciento para no tener posibles colapsos de las paredes y que dañe el polietileno. Las especificaciones de la profundidad y la longitud vienen determinadas por la cantidad de residuos sólidos a manejar, asimismo, del ancho de la bolsa que se piense utilizar dentro de la fosa.

En la siguiente imagen se demuestra la tabla de los diámetros más usados comercialmente en Colombia.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Tabla 25. Dimensiones de la fosa del Biodigestor para diferentes diámetros de plástico tubular

| DIAMETRO DEL TUBULAR (m) | ANCHO SUPERIOR DE LA FOSA (m) | ANCHO EN EL FONDO DE LA FOSA (m) | PROFUNDIDAD (m) |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 2.5 | 2.6 | 2.0 | 1.5 |
| 1.25 | 1.2 | 0.8 | 1 |

Fuente:(Chará y Pedraza,2002).

Dicho en la tabla anterior, dependiendo de las características de los residuos sólidos orgánicos a manejar diariamente, se tendrá en cuenta el diámetro de la fosa a manejar, por tal razón y dado que se manejarán alrededor de los 8 m^3 de cantidad de residuos sólidos, el diseño se maneja con bolsa de 1.25 m de diámetro y una longitud de la fosa que estará condicionada a la obtención de 1 m^3 de volumen por cada metro lineal de fosa, diferente a los biodigestor de 2.5m de diámetro que tendrán un $3,45 \text{ m}^3$ de volumen por cada metro lineal de la fosa. (Chará y Pedraza,2002).

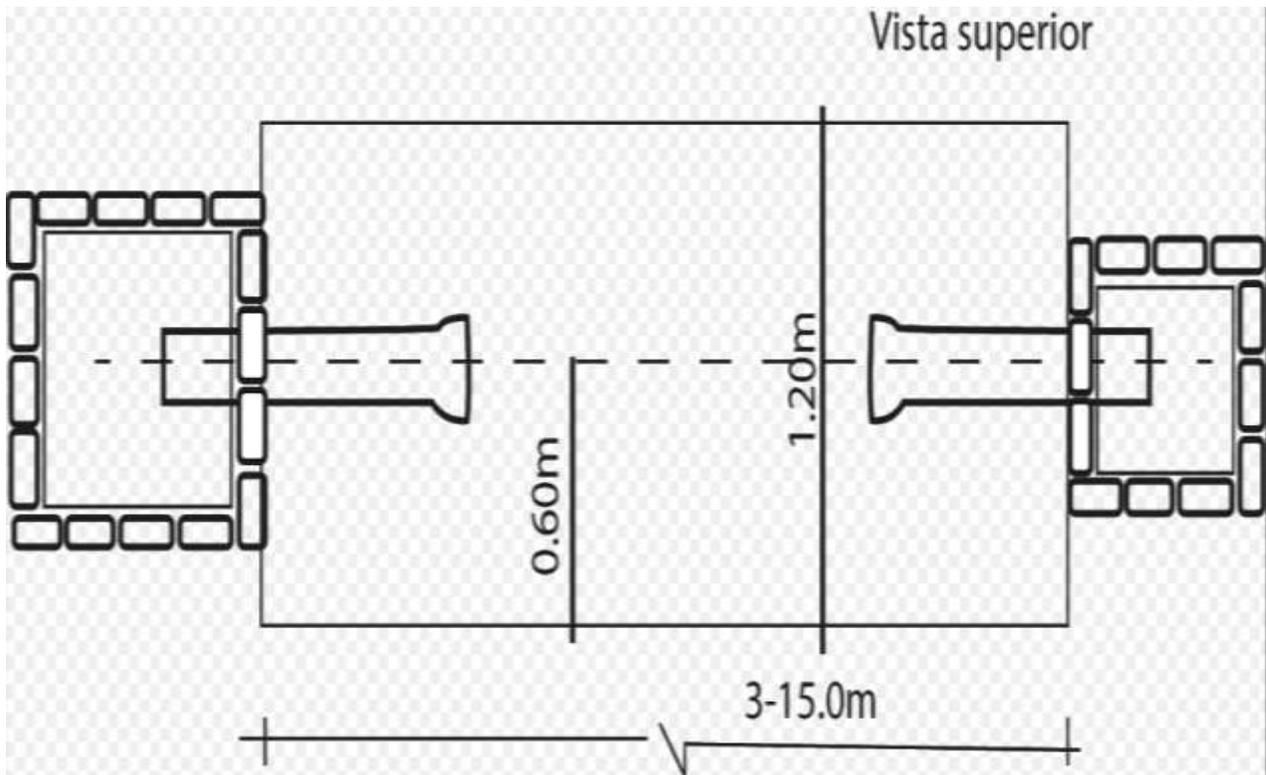


Figura 4243. Especificaciones de medidas del Biodigestor completo. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

8.3.5 Construcción de las cajas

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Dentro de las especificaciones para el montaje del biodigestor se establece que en cada extremo de la fosa se deben adicionar cajas de entrada y salida, cumpliendo la función de servir como sello de agua, que ayudara con las condiciones de seguridad para la descomposición anaerobia, como también evitar el escape del gas. (Chará y Pedraza,2002).

8.3.5.1 Caja de entrada o de carga

En la mayoría de casos, estas cajas son diseñadas de ladrillo y cemento, entorno a la facilidad de construcción, pero también se pueden construir con bloques de cemento o cemento armado, no cambia ni altera su funcionalidad.

Dado que para este caso se van a manejar dimensiones familiares por la cantidad de residuos manejados, las dimensiones serán específicamente de 0.7m x 0.7m x 0.7 m. en la cara de la caja que da hacia la fosa se instala, en el centro de la pared, el tubo de gres o cemento con la campana hacia la fosa (Chará y Pedraza,2002).

8.3.5.2 Caja de salida

Dentro de las medidas establecidas para la caja de salida, se estableció para las familiares unidades de 0.5m de largo, 0.5m de ancho y 0.75m de profundidad. Al igual que en la caja de entrada, se debe vincular el tubo en la cara que da hacia la fosa, pero en esta caja el tubo tiene que quedar pegado al piso, en otras palabras, tiene que quedar más abajo que el fondo de la fosa, establecido para poder manejar de forma adecuada los residuos que ya salen como biofertilizantes. Otras especificaciones, está dada que el borde superior de esta caja es el que se encarga de estabilizar el nivel del líquido dentro de la bolsa.

Como nota, Chará & Mejía, 2002 agregan que las cajas pueden manejar las mismas dimensiones, solo que se corresponderá a mas costos a la hora de la instalación.

8.3.6 Instalación del Biodigestor

8.3.6.1 Tamaño del plástico

Dadas las especificaciones anteriores, el comienzo de este capítulo muestran los materiales con los cuales el biodigestor se va a montar, las dos capas de plástico tubular para mayor duración y resistencia, además de la reserva de plástico que se debe hacer a cada extremo para poder amarrar de forma correcta el plástico con las cajas de entrada y salida respectivamente.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

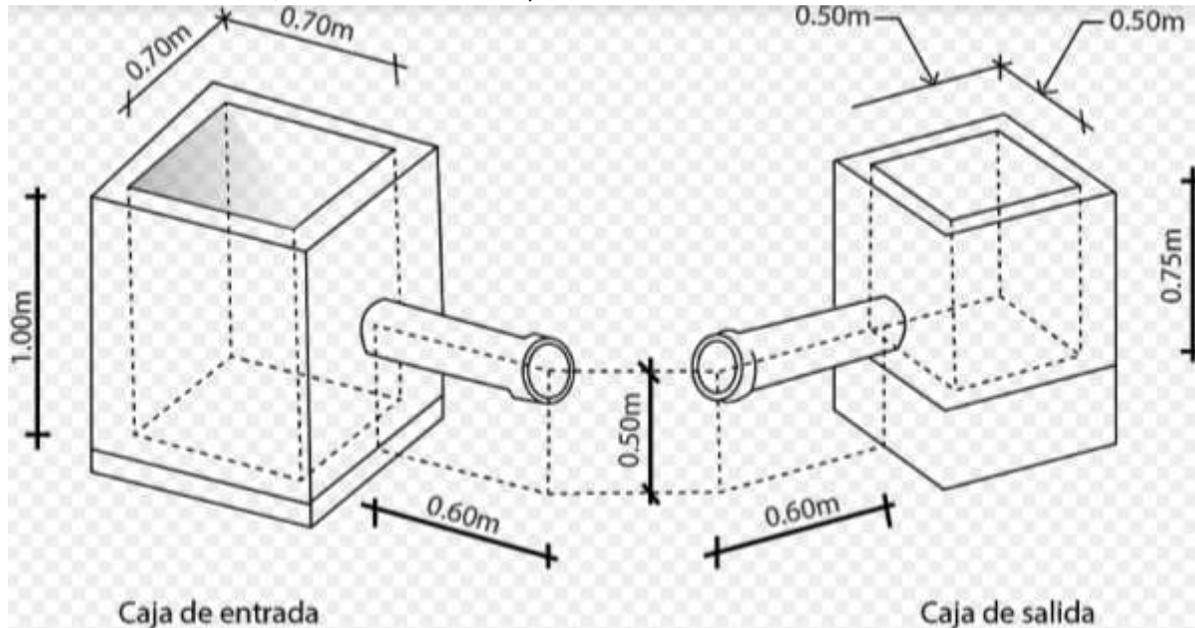


Figura 4344. Especificaciones de medidas de las cajas de entrada y salida. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

En la figura 44 se muestran las medidas necesarias para la formación de las cajas de entrada y salida respectivamente del biodigestor Taiwan, además, son medidas establecidas para un biodigestor que maneja menos de 15 m^3 diarios de residuos, por tal razón, las medidas son más pequeñas a comparación de los biodigestores industriales, dado que estos manejan medidas de 1.2 m de largo y 1.2 m de ancho, como también 1,5 de profundidad. (Chará y Pedraza, 2002).

A continuación se dará una vista aérea de las cajas y sus dimensiones en vistas en una dimensión.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

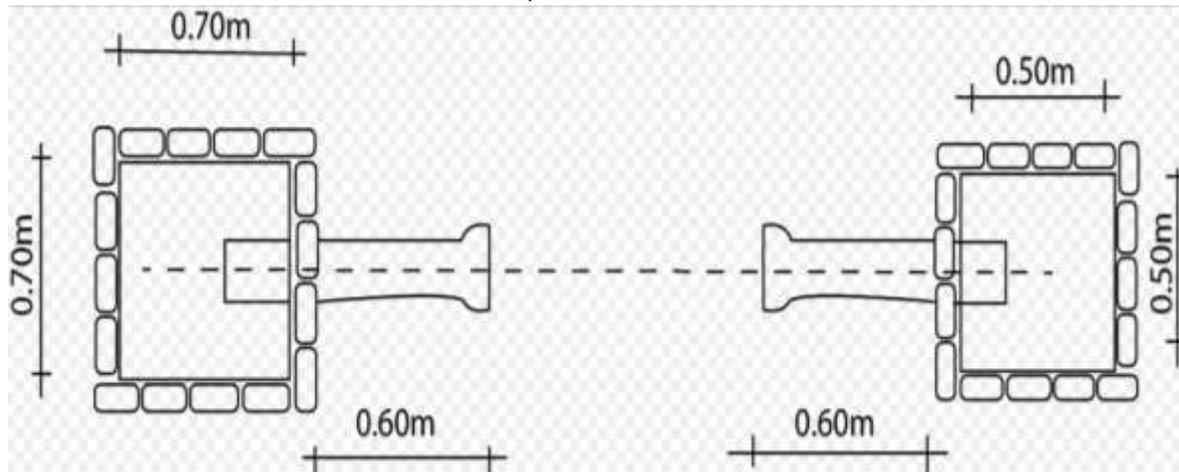


Figura 4445. Especificaciones de medidas de las cajas de entrada y salida, vista superior.

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Por tal razón, dentro de la construcción del biodigestor, se tiene que tener en cuenta los dos porciones de plástico a manejar, teniendo en cuenta los cuatro metros adicionales que son los necesarios para el amarre en cada lado de las cajas.

Un ejemplo claro de Chará & Mejía(2002), se fundamenta en un biodigestor a formación dentro de una finca, el cual maneja alrededor de los $55 m^3$, ellos establecieron 16 m de longitud, se dictaminó que la bolsa necesaria 20m en cada pliegue, incluyendo los 4 m necesarios para cada amarre, por tal razón, se debería adquirir 40 m de plástico tubular para la generación de la bolsa con resistencia y protección y además de los 2m correspondientes a cada lado de las cajas.

Después de generar esta labor, se debe verificar que las bolsas queden perfectamente sincronizadas.

8.3.6.2 Preparación de la bolsa

Para la preparación de la bolsa tubular de polietileno, es necesaria la búsqueda de una superficie plana y limpia de materiales que puedan afectar el plástico y lo puedan dañar o romper, se debe extender el rollo de plástico que sea el primer paso de la preparación de la misma.

En primera instancia, se debe generar un corte que deje las mismas dimensiones a lado y lado del plástico, de acuerdo con las medidas estipuladas anteriormente, luego y de forma cuidadosa, se debe introducir una parte dentro de la otra, para formar la doble capa de plástico tubular. (Chará y Pedraza ,2002).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

8.3.6.3 *Instalación de la salida del biogás*

La salida del biogás debe quedar exactamente sobre uno de los quiebres de la bolsa, más exactamente en la mitad de la misma. Dentro del proceso de instalación se especifica la generación de un orificio en las dos bolsas, el cual debe tener un diámetro de más o menos $\frac{3}{4}$ pulgadas. Las primeras acciones a tomar con la perforación es introducir unas arandelas de aluminio y una “ruana “en el orificio, lo cual servirá como empaque y protección para que la arandela no llegue a rasgar la bolsa, posteriormente, el adaptador macho de PVC que tendrá que atravesar todo el orificio, siguiente a esto, se inserta la otra ruana y la otra ruana de aluminio y se acopla con la rosca hembra sobre la rosca macho de PVC, tratando de que quede suficientemente ajustado. (Chará & Pedraza, 2002)

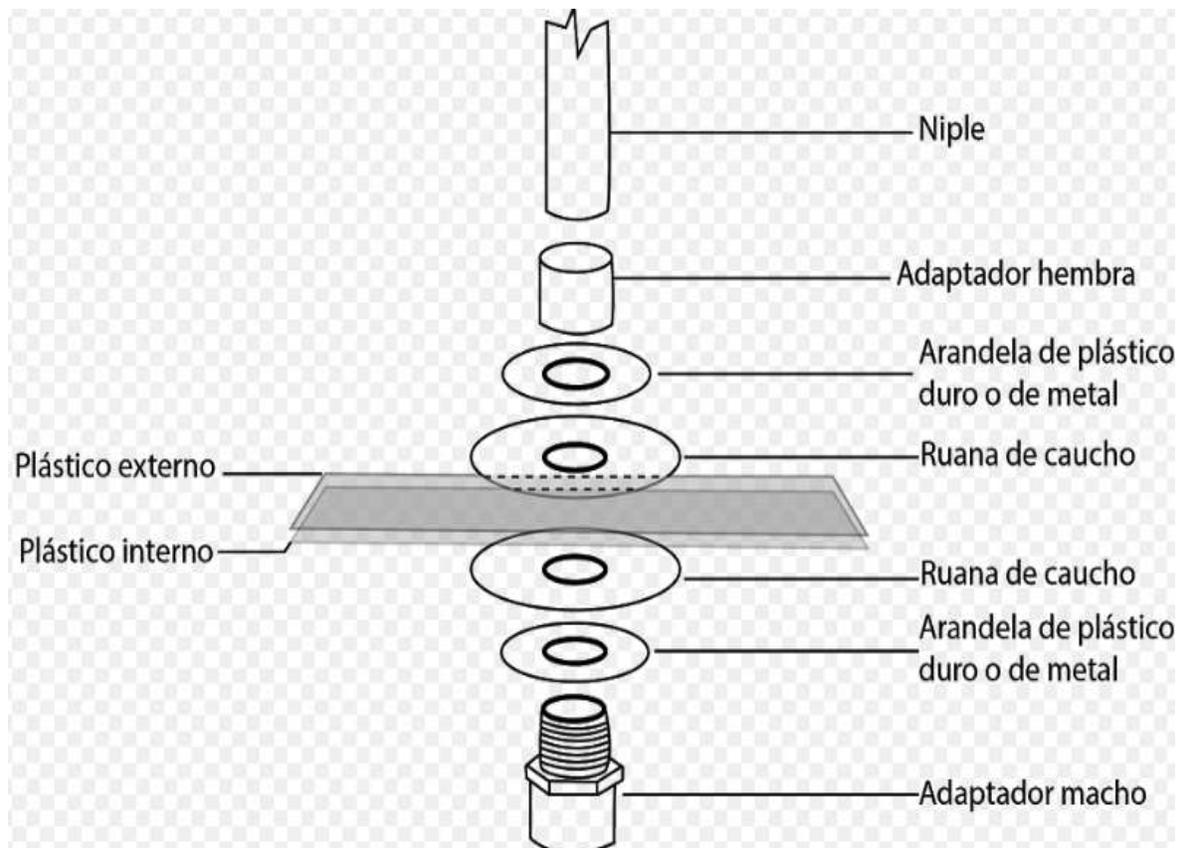


Figura 4546. Componentes materiales salida del biogás. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Descrito anteriormente en la figura 46, son las fases necesarias para poder instalar la válvula de salida del gas que proviene de adentro de la bolsa tubular de polietileno, los pasos se deben cumplir al pie de la letra como fue descrito en la imagen, esto con la finalidad, de que se mantenga en buenas condiciones por un largo tiempo.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

En la siguiente imagen se demostrará la forma correcta para la preparación del plástico tubular de polietileno, en función de dar una limpieza en el interior. Como se dijo anteriormente, los dos pliegues cortados anteriormente deben quedar en perfecta sincronía para que quede una sola bolsa de doble capa, de esta forma se asegura la resistencia de la bolsa por si llega a tener eventos climatológicos o físicos que puedan llegar a afectar la funcionalidad o el estado del biodigestor, así mismo, se maneja un aspecto importante de duración, dando una mayor vida útil sobre el biodigestor. (Chará & Pedraza, 2002).

Lo que se trata de mostrar en la siguiente imagen, son los pasos que se deben generar para el transporte de la bolsa a la fosa, por tal razón esta bolsa debe ser llevada totalmente doblada con pliegues de 1 m de ancho desde la punta de cada lado, hasta la mitad donde se encuentra el orificio de la salida del gas, de esta forma, la bolsa se conserva y reduce sus posibilidades de que sufra algún daño en el traspaso del lugar de preparación a la fosa de instalación. (Chará & Pedraza, 2002).

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

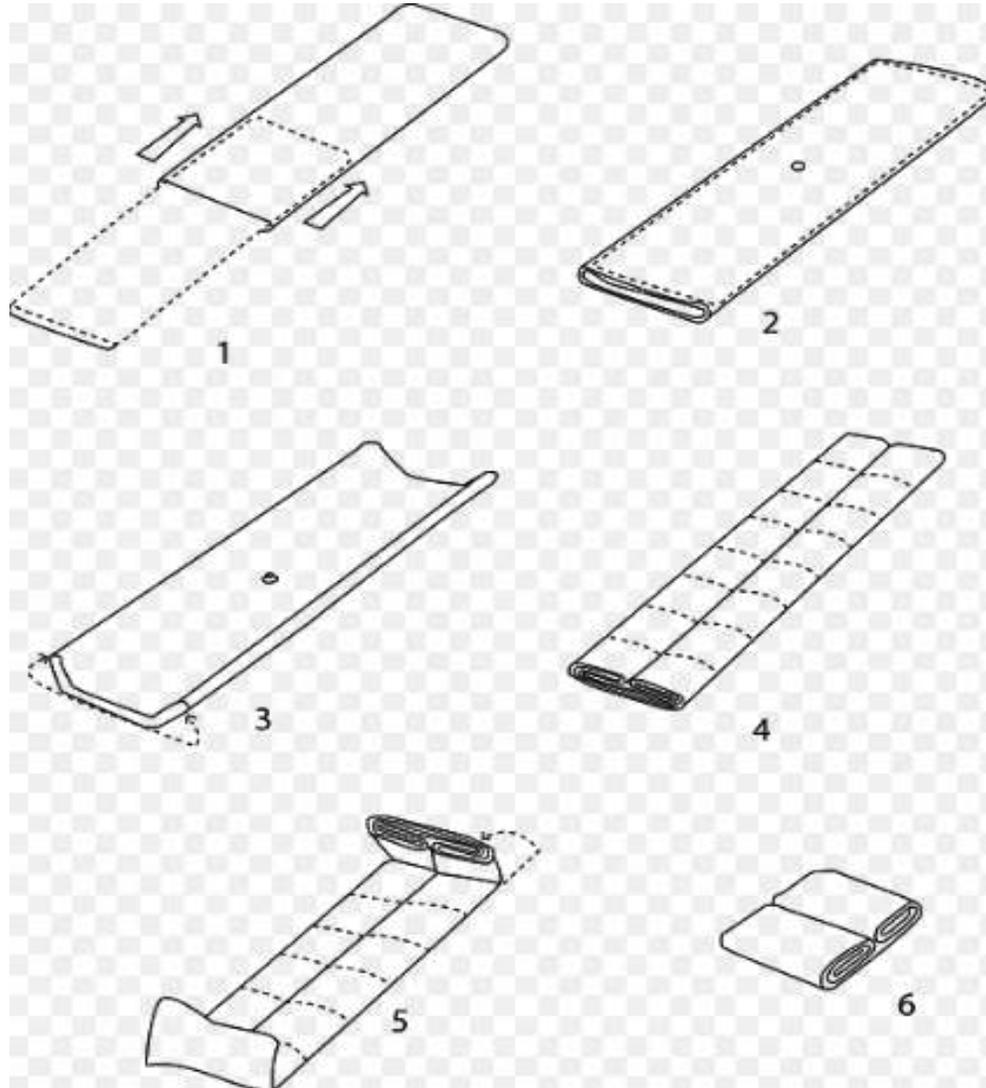


Figura 4647. Preparación bolsa para la instalación. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

8.3.7 Instalación del biodigestor.

Los pasos a seguir para la adecuada instalación de la bolsa en la fosa, se fundamentan desde el momento de la preparación del plástico en la superficie plana y limpia descrita anteriormente. Allí se doblan los bordes de forma longitudinal hacia la salida del gas, después, la bolsa es llevada a la fosa y es colocada en toda la mitad de ella, para luego, extenderse hasta cada tubo de cemento de cada caja. (Chará y Pedraza ,2002).

Ya después de realizar esta actividad, se debe tener en cuenta que el doblez de la bolsa quede instalado de tal forma que el orificio de salida del gas quede mirando hacia arriba y que la parte opuesta del doblez quede sobre el piso, esto para no generar incomodidades si se llega a hacer esta actividad erróneamente, ya después de esto y con los extremos de cada bolsa, se

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

busca que los amarres a generar con los tubos que se encuentran en cada bolsa sea demasiado firmes y eviten la filtración del gas o agua, por tal razón, se deben generar pliegues o prenses regulares con el plástico, siguiendo a esto con las correas de neumático se genera un amarre circular sobre el tubo de cada caja, asegurándose de que el plástico cubra todo el tubo, de esta forma se deja totalmente sellado los bordes a la bolsa tubular y así se puede proceder al llenado y funcionamiento del biodigestor. (Chará & Pedraza, 2002).



Figura 4748. Amarre de los plásticos a los tubos. Fuente: (Chará & Pedraza, 2002)

Ya después de dar firmeza y fuerza a los amarres con las cajas de entrada y de salida, según Chará & Pedraza,(2002), se debe templar perfectamente el plástico sobre la fosa, esto con la finalidad de que no queden arrugas o pliegues que puedan afectar el funcionamiento del biodigestor, ya después de verificar correctamente esto, se empieza el proceso de llenado con agua o de estiércol con agua, así mismo, se debe tener cuidado y cerciorarse de que la etapa de llenado se haga correctamente y que el plástico quede totalmente extendido sin ningún pliegue o arruga, dado que esto podría afectar la capacidad total del biodigestor.

Como método alternativo Chará & Pedraza, (2002), para el despliegue completo de la bolsa tubular, la utilización de un ventilador o un “blower” el cual se utilizará en un extremo de la fosa y se introducirá aire hasta que el plástico quede totalmente estirado, aclarando que el extremo opuesto debe ser cerrado o tapado para que no se filtre el aire. En algunas ocasiones esta labor se hace con el tubo de escape de un carro, esta actividad se debe realizar con el

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

mayor cuidado dado que el aire caliente que sale del carro podría afectar las paredes de la bolsa tubular.

8.3.8 Instalación válvula de seguridad

Para la instalación de la válvula de seguridad, esta debe ser situada cerca del biodigestor, dentro de los tubos que se harán cargo de trasladar el gas al lugar de consumo, esto en función de generar un sello de agua que impida la salida del gas, pero que, a su vez, lo deje escapar si se encuentra demasiada presión dentro del biodigestor, con la finalidad de no dañar o rasgar la bolsa por condiciones de acumulación del gas. Para su construcción se debe tener una "T" de PVC, a la cual se le acoplaran los niples de PVC de 20 cm a los dos lados y uno de 30 cm hacia abajo, a continuación, se inserta el niple más largo en el envase plástico y 5 cm encima del extremo de este tubo se hacen unos agujeros en el envase para controlar el nivel del agua. De tal forma, que después el envase pueda llenarse con agua hasta donde están situados los agujeros, dando seguridad al envase con el tubo por donde va a transitar el gas. (Chará y Pedraza, 2002).

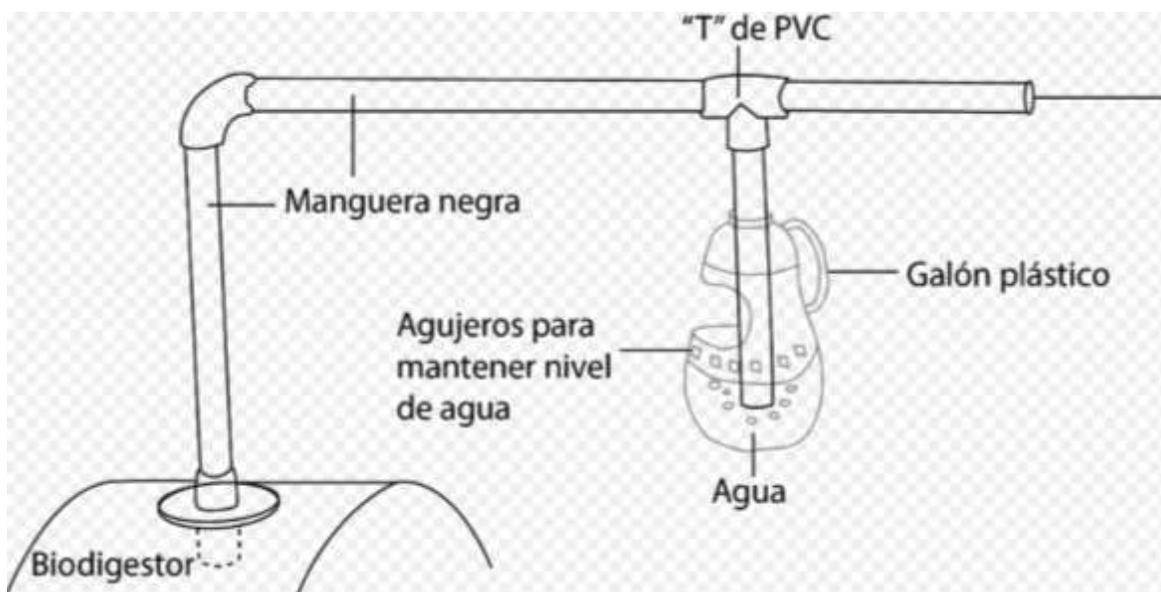


Figura 4849. Instalación de la válvula de seguridad. Fuente: (Elaboración propia, 2018)

8.3.9 Bolsa reservorio

Dado que la formación de biogás dentro de la bolsa es de forma constante y el consumo de este es solamente en ocasiones de corto plazo, es necesario la implementación de una bolsa reservorio cerca al área de consumo que almacene el gas. Esta bolsa es utilizada en la mayoría de ocasiones cuando el sitio de generación del gas (biodigestor) y el lugar de consumo se encuentran a una distancia considerablemente lejos que por tema de costos no se

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

ve eficiente la conexión del punto de consumo al punto de generación por medio de tubos PVC, por tal razón, la necesidad de bolsas reservorio. (Chará & Pedraza, 2002).

La instalación de esta bolsa tiene que ser de forma horizontal con la entrada del biogás por un extremo y la salida por el otro o haciendo una derivación en “T” como la de la válvula de seguridad.

8.3.10 *Conducción del biogás*

Los métodos para la conducción del biogás que será para el consumo pueden hacerse por medio de mangueras de polietileno de una pulgada de diámetro, así mismo la utilización de materiales conocidos como agrotubo, el cual según posee un recubrimiento interno con poca rugosidad, esto permite una mayor facilidad al paso del gas por el tubo.

Como indicaciones externas para la instalación de este conducto, están la de evitar la condensación interna de la humedad, esto formado por enterrar o generar cubrimiento de tierra sobre el ducto de conducción del gas, además, se debe evitar las ondulaciones del conducto con la finalidad de que no se acumule y pueda generar daño sobre las mangueras o agrotubos. (Chará & Pedraza, 2002).

Caseta protección del biodigestor

Dentro de las recomendaciones para el proyecto, una de las prioridades está enfocada en la conservación y prolongación de la vida útil del biodigestor en el área de estudio, todo esto con la finalidad de que puedan obtener por mucho más tiempo el servicio de biogás obtenido por la degradación de los residuos sólidos orgánicos. Por tal razón, se recomienda la implementación de una techada u recubrimiento con materiales de fácil acceso, tales como, hojas de palma, caña brava o plástico, todo esto a favor de disminuir la humedad dentro del entorno del biodigestor y evitar los rayos ultravioletas que podrían afectar la capa del polietileno tubular



Figura ~~4950~~ 4959. *Techado Biodigestor*. Fuente: (Parra, 2016)

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

9. Conclusiones

- En el campamento minero MQA se encontraron 43 animales (Bovino, porcino y avícola), entre 200 y 300 ejemplares de palma de azúcar y 7 operarios permanentes, lo cuales producen en conjunto 291,325 Kg/día de residuos orgánicos con relaciones C/N y % de proteínas óptimos para la generación de biogás. Por lo tanto, como se encontró en la revisión bibliográfica, el estiércol producido por el ganado bovino y porcino, es el más apto en cuanto a la relación C/N que poseen (la cual es de 20:1), aunque el porcentaje de proteínas es particularmente alto, lo que interfiere en el proceso de descomposición orgánica. Es por esto, que combinar materiales con porcentajes bajos de proteínas es importante obtener un buen balance que promueva la adecuada degradación de la materia orgánica dentro del biodigestor y, de esta manera, aumentar la productividad del mismo.
- Después de realizar las evaluaciones correspondientes y utilizar los métodos de evaluación descritos ya anteriormente, se concluye que uno de los factores contundentes en el momento

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

de implementar un proyecto de esta magnitud, es el económico, dado que de este se parte en el momento de tomar las decisiones sobre las alternativas viables para implementar sobre el área de estudio, por tal razón y dado que en el campamento minero solo se manejan alrededor de $5m^3$, lo cual es una cantidad baja a comparación de estudios que manejan cantidad de 50 u $80 m^3$, se optó por un biodigestor de bajo costo y fácil acceso para el manejo de los residuos sólidos del lugar, logrando dar solución a la problemática de manejo de aguas contaminadas y el inadecuado manejo a los residuos sólidos orgánicos.

En cuanto a lo nombrado anteriormente, es posible mencionar que este proyecto es una salida de gestión para lugares donde el acceso a servicios públicos y disposición final de residuos es escaso, en otras palabras, es un medio para el manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos generados en la mina Mineros Quebrada Azul Ltda, dando soluciones a problemas de disposición sobre cuerpos de agua cercanos, lo cual generaba afectaciones dentro de su composición, en otra parte, la disminución de proliferación de vectores como parte importante dentro de la afectación de la salud de los trabajadores y como modelo de generación de energía para la cocción de alimentos dentro del campamento.

- Como consecuencia de lo expuesto en el proyecto, se logra concluir frente a los aspectos ambientales manejados dentro de los sistemas de evaluación que las alternativas propuestas, manejan condiciones ambientales que en ocasiones no son las propicias, llegando a generar afectaciones sobre las estructuras de ellos, algunas más que en otras, por tal razón, se da como idea final que los factores climáticos son acciones que en todo biodigestor, sea de polietileno tubular, hormigón o mampostería, se deben prever con tiempo, esto con la finalidad de que las condiciones sean óptimas y adecuadas para la generación del biogás. Por tal razón, al momento de identificar el instrumento a implementar, se deben identificar los posibles factores ambientales que puedan afectar el biodigestor.

- El diseño propuesto del biodigestor tipo Taiwan tendrá una capacidad de $5 m^3$ con el cual se podrán tratar 6286,5 Kg/mes de residuos sólidos orgánicos, de los 8739,75 Kg/mes que se están produciendo actualmente. Esto evidencia la capacidad y la factibilidad del sistema de aprovechamiento propuesto, primero por la acción de evitar la contaminación por los residuos orgánicos a los cuerpos de agua cercanos, proliferación de olores y generación de vectores, segundo el uso potencial del gas para actividades de cocina, lámparas a gas o si se desea energético.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

10. Recomendaciones

- Debido a que en este tipo de campamento donde se realiza la actividad pecuaria artesanalmente, los animales no se encuentran agrupados u organizados, no se facilita la recolección del excremento de estos, impidiendo la optimización del proceso realizado por el biodigestor. Es por esto que se recomienda implementar un sistema de organización de los animales en corrales, establos y galpones donde haya un lugar en específico donde se almacenen todos los desechos generados que seguidamente irán dirigidos al biodigestor, para así llevar un correcto inventario de la cantidad de residuos generados por día, a su vez impidiendo que estos se desperdicien por cualquier vía.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

- También, es importante resaltar que cuando se homogenizan los residuos no se tienen en cuenta la cantidad de animales enfermos y los que recientemente han sido vacunados, afectando la cantidad de estiércol útil para la producción de biogás, debido a que después de la temporada de vacunas se podrían encontrar compuestos adicionales en el estiércol, interfiriendo en la producción de bacterias anaerobias y ralentizando la descomposición de la materia orgánica. Como solución a esto, se propone que se lleve un inventario exacto de los animales que han presentado problemas y de los que recientemente han sido vacunados, omitiendo la participación del estiércol producido por estos hasta que se normalice la composición de los residuos, para así garantizar la calidad del biogás producido, aunque la cantidad disminuya.

- Se deberá planear la construcción de franjas paralelas al área donde se va a cavar la zanja para introducir el biodigestor, esto con el fin de que, en épocas de lluvias, el agua no se meta dentro de la zanja y ocasione daños sobre la bolsa tubular, estas franjas se construirán en forma que de que el agua sea desviada y dirigida a otra parte donde no afecte el proyecto.

11. Bibliografía

AGSIR. 2012. *Sistema de Caña de Azúcar Sostenible*. NABARD. India. [En línea] recuperado el 13 de octubre de 2018 de: <http://www.agsri.com/images/documents/ssi/ssi%20manual%20spanish.pdf>

Amstrong, J. R., & Menon, R. 2012. *Capítulo 74 Minas y canteras*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). [En línea] recuperado el 10 de septiembre de 2018 de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/74.pdf>

ASOCEBU. 2018. *Boss indicus razas*. [En línea] recuperado en 10 de octubre de 2018 de: <http://www.asocebu.com/index.php/el-cebu/razas>

Avella Chaparro, F. J. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta productora y comercializadora de carne de pollo en el municipio de Sogamoso en el departamento de Boyacá*

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Benítez, L. 2013. *Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud*. Centro de salud de Chivor. [En línea] recuperado en 26 de agosto de 2018 de: https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/ASIS_2013/ASIS%20CHIVOR%202013.pdf

Bolívar, H, & Ramírez, E. 2012. *Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá*. Trabajo de Grado (Ingeniería de Producción). Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá

Bolívar, H., & Ramírez, E. 2012. *Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá* (Doctoral disertación, Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia). [En línea] recuperado el 10 de septiembre de 2018 de: <http://udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3154083/DOCUMENTO+FINAL.pdf>

Campos, B. 2011. *Methodology to determine the design and construction parameters of design of biogas installations for little farms*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(2), 37-41. [En línea] Recuperado en 26 de agosto de 2018, de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007&lng=es&tlng=en.

Canseco, M. 2010. *Energías renovables en América Latina*. Ciudadanía y valores Fundación. [En línea] recuperado en 1 de septiembre de 2018 de: http://plataforma.responsible.net/sites/default/files/1279184521_energias_renovables_en_america_latina.pdf

Cardona, C. Sánchez, O. Ramírez, J. Alzate, L. 2004. *Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado*. Revista colombiana de biotecnología. Vol. 6. N° 2. 78-89.

Castañeda, S., & Rodríguez, J. P. 2016. *Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en*. Universidad y Salud.

Chará, J. Pedraza, X., (2002). *Biodigestores de plásticos de flujo continuo*. Cali, Colombia: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción.

Correa, J. 2001. *Los casos de éxito de la energía limpia en Colombia. Sostenibilidad*. Revista Semana. [En línea] recuperado en 1 de septiembre de 2018 de: <https://sostenibilidad.semmana.com/medio-ambiente/articulo/energias-alternativas-en-colombia/35965>

Cotrina & Villanueva. (2013) *BIODIGESTORES tubulares unifamiliares Cartilla práctica para instalación, operación y mantenimiento* [imagen]. Recuperado de: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/612183920131212124258.pdf>

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Cruz, J.F., Rodríguez, D.D., Benavides, A.C., & Clavijo, J.A., 2013. *Caracterización de parámetros productivos y reproductivos de ganado Normando en Colombia*. Archivos de Zootecnia, 62(239), 345-356. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922013000300003>

DANE. 2013. *Levante y ceba de cerdos: etapas de una industria en continuo crecimiento*. Boletín mensual. Min Agricultura. [En línea] recuperado en 13 de octubre de 2018 de: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos factores de produccion dic 2013.pdf>

De León, A. 2007. *Diseño y construcción de un sistema para compresión de biogás para su aplicación en pequeñas y medianas agroempresas*. Universidad autónoma agraria “Antonio Narro”. México. [En línea] Recuperado en 28 de agosto de 2018 de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1921/T16546%20HIDALGO%20DE%20LE%20D3N,%20%20ALBERDI%20RAFERI%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Espinosa, C., & Ly, J. (2015). *Cerdos criollos colombianos y agricultura sostenible*. Revista Computadorizada de Producción Porcina Volumen, 22(1).

FAO. (2009). www.fao.org. n/a. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/U3550t/u3550t04.htm#TopOfPage>

FAO. (2011). *Manual de Biogás*. Chile. [En línea] recuperado el 13 de octubre de 2018 de: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Fonseca, D. M. S., Manosalva, V. A., & Vargas, E. P. 2011. *Importancia de la cría de bovinos en la seguridad alimentaria de familias del área rural de Paipa, Boyacá*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA), 2(1), 65-74.

Galvis, C. 2010. *Plan de manejo ambiental para las labores mineras a desarrollar en el área del contrato EGH-101*. Mineros quebrada azul. Corpochivor. Chivor-Boyacá. Pág. 22-74

Galvis-Aponte, L. A. 2000. *La demanda de carnes en Colombia: un análisis econométrico*. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 13.

Garrigues (2003). *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. El consultor de los ayuntamientos y de los juzgados. Ecoiuris. Madrid. 909 pp.

Giraldo, S. 2003. *Fertilización con excreta porcina: soporte técnico, bondades, riesgos, cálculo del plan de fertilización*. Universidad Nacional de Colombia. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Pág. 7-10

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

González, S. I. 2016. *Construcción y evaluación de un digestor anaerobio para producción de biogás a partir de residuos de alimentos y poda a escala banco*. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.

Gotaas, H. B. 1956. *Composting. Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes*. World Health Organization. [En línea] recuperado el 19 de septiembre de 2018 de: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41665/WHO_MONO_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guevara, V. A. 1996. *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales. Producción de gas y saneamiento de efluentes. Documento OPS/CEPIS/96*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – Organización Panamericana de la Salud. Lima, 80p.

Güiza, L. 2013. *La pequeña minería en Colombia: una actividad no tan pequeña*. *Dyna*, 80(181), 109-117. [En línea] recuperado el 10 de septiembre de 2018 de: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/35819/45320>

Hernández, S. 1996. *Plan Ambiental del Municipio de Chivor*. CORPOCHIVOR. [En línea] Recuperado en 26 de agosto de 2018 de: <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/905/CORPOCHIVOR-CHIVOR.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Henoa, G. J., & Márquez, L.M. (04 de septiembre de 2008). *Bibliotecadigital.udea.edu.co*. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Hilbert, J.A. 2003. *Manual para la producción de biogás*. Instituto de Ingeniería Rural. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. Buenos Aires, 57p.

Hoyos, R. D. 2009. *Problemática de la ganadería en Colombia*. [En línea] Recuperado en 28 de agosto de 2018 de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/problematica-ganaderia-colombia-t28017.htm>

Hontoria García, E. y Zamorano Toro, M. (2000). *Fundamentos del manejo de los residuos urbanos*. Colección sénior 24. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España. 756 pp.

hsbnoticias.com (21 de Agosto de 2017). Obtenido de <http://hsbnoticias.com/noticias/economia/produccion-de-alimentos-en-latinoamerica-tendra-problemas-338205>

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Jaramillo, G. Zapata, L. 2008. *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia. Facultad de ingeniería. [En línea] Recuperado en 28 de agosto de 2018 de: <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Jaramillo, J. 2002. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Universidad de Antioquia. Organización panamericana de la salud. OPS/CEPIS/PUB/02. 93

Jaramillo-Henao, G. & Zapata-Márquez, L 2008. *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. UdeA. [En línea] Recuperado en 26 de agosto de 2018 de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Jiménez Borges, Reinier & Julio López Bastida, Eduardo & Pérez, Félix & Alejandro, Javier & García, Curbelo. 2017. *Metodología para la estimación del potencial de biomasa en Cienfuegos con fines energéticos*. Revista de Investigación. Fundación Universidad de América. 10. 63-75. 10.29097/2011-639X.82.

Lobatón Piñeros, M. R. 2017. *Evaluación de la inocuidad en la carne de bovino en zonas rurales, estudio de caso Guateque Boyacá*.

López, B. 2015. *Análisis de biodigestores*. [En línea] Recuperado en 15 de septiembre de 2018 de: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/ENERGIA22/HTML/articulo04.htm>

Martínez, D. 2014. *Normando, una raza doble propósito que se adapta a cualquier clima*. La Republica. OAL. [En línea] recuperado el 10 de octubre de 2018 de: <https://www.larepublica.co/archivo/normando-una-raza-doble-proposito-que-se-adapta-a-cualquier-clima-2115501>

Martínez, V. García, M. 2004. *Estimados de excreción fecal de cerdos como material de ingreso en biodigestores y para composta*. Revista computadorizada de producción porcina. Vol. 11. N° 2. [En línea] recuperado el 26 de agosto de 2018 de: <http://www.iip.co.cu/rcpp/ant/rcpp11.2.pdf#page=86>

Mejía, D. 2005. *Biogás*. Universidad autónoma agraria “Antonio Narro”. México. [En línea] Recuperado el 28 de agosto de 2018 de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1886/T15029%20%20MEJIA%20AGUILERA,%20DAVID%20Monografia.pdf?sequence=1>

Ministerio de Minas y Energía. 2015. *Clasificación de la minería en Colombia*. Documento técnico de soporte. Pág. 4.

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Ministerio del medio ambiente. 2002. *Rellenos sanitarios: Guía ambiental*. SINA. ISBN 958-9487-38-6.

Montenegro Orozco, K. T., Rojas Carpio, A. S., Cabeza Rojas, I., & Hernández Pardo, M. A. 2016. *Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca*. Revista Ion, 29(2), 23-37. [En línea] recuperado el 18 de septiembre de 2018 de:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2475/Articulo%20Potencial%20de%20biog%C3%A1s%20de%20los%20residuos%20agroindustriales%20generados%20en%20el%20departamento%20de%20Cundinamarca%20%281%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Montenegro, K. Rojas, A. Cabeza, I. Hernández, M. 2016. *Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca*. Revista ION. Vol. 29. N° 2. [En línea] Recuperado en 26 de agosto de 2018 de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v29n2/0120-100X-rion-29-02-00023.pdf>

MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transporte) (1992). Atlas Nacional de España. Edafología. Sección II. Grupo 7. Ed. Centro Nacional de Información Geográfica. Madrid.

Moreno, A. M. J. & Quijano, S. N. S. 2011. *Análisis de la cadena productiva de la carne bovina corregimiento de Yarima. Vereda los colorados san Vicente de Chucurí. Departamento de Santander año 2011*.

Murcia-Pardo, M. L., & Ramírez-Durán, J. 2017. *Reconversión del sistema regional de producción de semilla de caña para la agroindustria panelera en Boyacá y Santander*. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 18(1), 75-87.

Olaya, Y. 2006. *Diseño de un biodigestor de cúpula fija*. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Palmira.

Olaya, Y. 2009. *Fundamentos para el diseño de biodigestores (Ingeniería Agrícola)*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Palmira.

Orjuela, J.A., Huertas, I., Figueroa, J.C., Kalenatic, D. y Kadena, K. 2011. *Potencial de producción de Bioetanol a partir de Caña Panelera: dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo*. En: *Ingeniería*, Vol. 16, No. 1. 6 - 26. [En línea] recuperado el 20 de septiembre de 2018 de: <http://www.redalyc.org/html/4988/498850172002/>

Pacheco, F. 2006. *Energías Renováveis: breves conceitos. Economia em Destaque*. Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Outubro/2006. [En línea]

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: http://files.pet-quimica.webnode.com/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf

Pachón, D. & Pérez, J. s.f. *Revisión Estado del arte Biodigestor: Conceptos básicos*. Universidad Libre. Pág. 1.

Parra, G. (2016). El productor. n/a. *el productor.com*. Recuperado de <http://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/biodigestores-una-tecnologia-limpia-al-alcance-de-todos/>

Ponce, E. (2016). *Métodos sencillos en obtención de biogás rural y su conversión en electricidad*. Idesia (Arica), 34(5), 75-79. Epub 30 de agosto de 2016. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000011>

Porras, A. C., & González, A. R. 2016. *Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica*. Revista Académica y Virtualidad.

Posso, F. (2002). *Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: Sistema energético basado en energías alternativas*. Geoenseñanza, 7 (1-2), 54-73

Preston, T. Botero, R. 1987. *Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas*. [En línea] recuperado en 26 de septiembre de 2018 de: <http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/04-biodigestores.pdf>

Ramírez, J., Burbano, O. I., & Valens, C. A. V. 2014. *Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia*. Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 15(2), 183-195.

Rico, D. & Daza, E. 2010. *Plan de negocio de producción, cría y comercialización de cerdo en pie*. Monografía para optar al título de Médico Veterinario y Zootecnista). Reportado en: <http://repository.udca.edu.co>, 8080.

Rivas-Solano, O., Faith-Vargas, M., & Guillén-Watson, R. 2011. *Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad*. Revista Tecnología en Marcha, 23(1), 39.

Rodríguez, L. 2014. *Viabilidad técnica para producción de biogás a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos – forsu*. Tesis (Administrador de empresas agropecuarias) Universidad EAN. Bogotá

Sampieri, H., (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F. Mexico. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Salamanca, J. 2009. *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico*. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Quito: Universidad San Francisco de Quito. Facultad de Ciencias. 131 p

Salazar, Y, & Ballesteros, C. 2007. *Acondicionamiento, puesta en marcha y evaluación del digestor anaerobio piloto en la fase de arranque en la cooperativa Colanta, Funza*. Trabajo de Grado (Ingeniero Ambiental y Sanitario)

Santamaría, J. 2010. *Las energías renovables son el futuro*. World Watch. México. [En línea] recuperado el 1 de septiembre de 2018 de: <http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/511.pdf>

Semana. (2017). (20 de junio del 2017). ¿Por qué es tan grave que la ganadería en Colombia use mas tierra de la que debería? El Espectador. Recuperado de <https://www.semana.com/nacion/articulo/ganaderia-en-colombia-utiliza-mas-tierra-de-la-que-deberia-segun-igac/52919>.

Shemi. 2015. *Productos Shemi Ingeniería*. [En línea] Recuperado en 10 de octubre de 2018 de: <http://shemi.co/services.html>

Siabato, F. (2004). *Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán*. Cuadernos de Desarrollo Rural, (53), 103-132. [En línea] recuperado en 1 de septiembre de 2018 de: <http://www.redalyc.org/html/117/11705307/>

Tobía, C., & Vargas, E. 2000. *Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. I. Disponibilidad y composición química*. Agronomía Costarricense, 24 (1), 47-53.

Vásquez, E. 2013. *Diseño de prototipo de planta de compostaje a partir de residuos orgánicos en el campamento minero Titán. Arequipa*. Universidad Alas Peruanas UAP. [En línea] recuperado el 26 de agosto de 2018 de: <http://repositorio.uap.edu.pe/handle/uap/3082>

Vera-Romero, I. Martínez-Reyes, J. Estrada-Jaramillo, M. Ortiz-Soriano, A. 2014. *Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino*. Ingeniería, investigación y tecnología, 15(3), 429-436.

Weiland, P. 2010. *Biogas production: current state and perspectives*. Appl Microbiol Biotechnol. 85: 849. [En línea] Recuperado en 1 de septiembre de 2018 de: <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS EN LA MINA QUEBRADA AZUL LTDA, CHIVOR - BOYACÁ

Williams, C. 2013. *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. Revisión del desarrollo avícola*. FAO. [En línea] recuperado el 10 de octubre de 2018 de: <http://www.fao.org/docrep/016/al718s/al718s00.pdf>

www.populationpyramid.net. s.f. Obtenido de <https://www.populationpyramid.net/es/colombia/2030/>

Zapata, M. Franco, J. Marcano, A. Merlo, A. 2013. *Manejo de aves traspatio a escala familiar*. INIA. [En línea] recuperado el 13 de octubre de 2018 de: http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_25/rid25_zapata_22-28.pdf

Zuluaga, C. 2007. *Implementación de un biodigestor en ganadería de carne en Guaduas, Cundinamarca*. Universidad de La Salle. Bogotá. [En línea] recuperado en 1 de septiembre de 2018 de: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/1190/87062209.pdf>